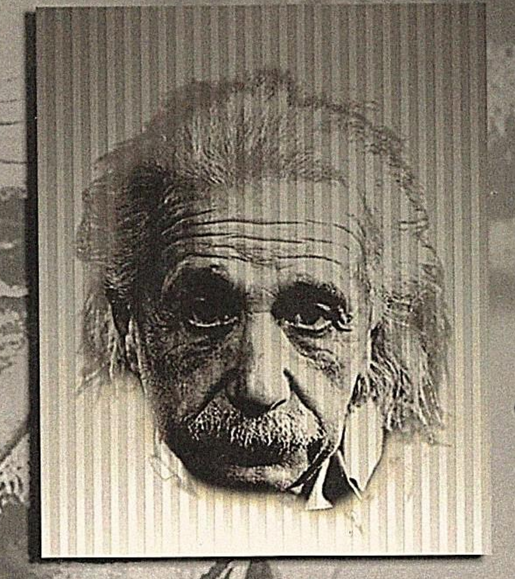
المركز القومى للترجمة

آينشتاين
كما عرفته



ريـر: جون بروكمان

جمة: محمد طـه

اجعة: فتح الله الشيخ

مقالات بقلم أربعة وعشرين مفكرًا
من الرواد العالميين حول الرجل وأعماله وتراثه

14

آينشتاين

كما عرفته

المركز القومى للترجمة

إشراف : جابر عصفور

- العـدد: 1481
- آينشتاين (كما عرفته)
- جون بروكمان
- محمد طه
- فتح الله الشيخ
- الطبعة الأولى 2010

هذه ترجمة كتاب :

My Einstein

Edited by John Brockman

شارع الجبلاية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة . ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ - ٢٧٣٥٤٥٢٦ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤

El-Gabalaya St., Opera House, El-Gezira, Cairo.
E.Mail:egyptcouncil@yahoo.com Tel.: 27354524 - 27354526 Fax: 27354554

آينشتاين

كما عرفته

"مقالات بقلم أربعة وعشرين مفكراً من الرواد العالميين حول الرجل وأعماله وتراثه"

تحرير : جون بروكمان

ترجمة : محمد طه

مراجعة : فتح الله الشيخ



2010

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

بروكمان ، جون
آينشتاين : كما عرفته (مقالات بقلم أربعة وعشرين مفكراً من الرواد العالمين حول الرجل وأعماله وتراثه)؛ تحرير: جون بروكمان؛ ترجمة: محمد طه؛ مراجعة: فتح الله الشيخ.
ط١ - القاهرة - المركز القومي للترجمة، ٢٠١٠
٢٢٨ ص؛ ٢٤ سم
١- العلماء - مقالات ومحاضرات
٢- آينشتاين، ألبرت، ١٨٧٩-١٩٥٥
(أ) بروكمان، جون (محرر).
(ب) طه، محمد (مترجم).
(جـ) الشيخ، فتح الله (مراجع).
(د) العنوان ٩٢٥,٠٤

رقم الإيداع ٢٠٠٩/٢٤٧٠٧
الترقيم الدولي I.S.B.N. 978 - 977 - 479 - 804 - 7
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

آينشتاين كما عرفته

"إن كل من حاول طرح موضوع علمى مجرد طرحًا عامًا يفهمه غير المتخصصين ليدرك الصعاب العظيمة التى يلاقيها فى محاولته هذه.

إنه إما أن ينجح فى جعل ما يقدمه سهلاً مفهومًا عبر إسدال الستار على جوهر المشكلة والانتهاء عند عرض الجوانب السطحية أو الظاهرية على القارئ؛ مما يفضى إلى خداع الأخير واهمًا إياه بسراب الاستيعاب. أو بمضى إلى عرض عميق متخصص للمشكلة فيجد القارى غير ذى الخبرة نفسه غير قادر عندئذ على تتبع هذا العرض والإمساك بخيوطه فيحجم عنه، محبطًا، فى النهاية عنه دون الاستمرار فى القراءة.

فلو تناولنا مجمل الكتابات العلمية السائدة اليوم فاستبعدنا ما ينطبق عليه كلا التصنيفين السابقين، لما تبقى فى أيدينا سوى نذر يسير جدًا يتمتع - دونما أدنى شك - بأعلى مراتب القيمة والأهمية".

ألبرت آينشتاين

المحتـــويات

مقــدمة

بقلم جون بروكمان

من المنتظر أن تكون غالبية قراء هذا الكتاب على دراية ببعض الأمور عن ألبرت آينشتاين الذى احتفلنا بمئويته عام ٢٠٠٥، وهو ليست ذكرى مولده فى الحقيقة بل "عام روائعه" عندما قدم خمس أوراق بحثية غيرت مفهومنا وفهمنا للحقيقة إلى الأبد.

لكن على سبيل سرد الحقائق الأساسية: كان مولد آينشتاين فى ١٤ مارس عام ١٨٧٩م فى أولم فى فترتمبرج بألمانياو توفى بمدينة برنستون بولاية نيوجرسى فى ١٨ أبريل ١٩٥٥م. وكانت أوراق العام ١٩٠٥ البحثية الخمسة هى أطروحة رسالة نيل درجة الدكتوراه "حول الأبعاد الجزيئية" من جامعة زيورخ والأوراق الأربعة الأشهر مرتبة على حسب تقديمها إلى قسم الفيزياء هى:

- "حول كمات الضوء والتأثير الكهروضوئى (حول وجهة نظر شارحة لانبعاث الضوء وانحرافه) وهو العمل الذى نال عنه جائزة نوبل ١٩٢١م.
- حول الحركة البراونية.
- ثم ورقتين بحثيتين حول النسبية الخاصة (حول إلكتروديناميكيات الأجسام المتحركة، وهل تعتمد القصور الذاتى لجسم على محتوى طاقته؟ والتى فيها جاءت معادلته الشهيرة عن المادة والطاقة ($E = mc^2$).

ثم كرس آينشتاين مجهوده، فى السنوات التالية على هذا الإنتاج المذهل، بشكل أساسى على دمج قوى الجاذبية فى نظريته النسبية، فكان أن قدم "أسس النظرية النسبية العامة" عام ١٩١٦م. وسنجد أن آينشتاين تطرق فى هذه الورقة وتلك التى

قدمها فى العام التالى تحت عنوان: "اعتبارات كونية للنظرية للنسبية العامة "إلى الكون ذاته. ثم قدم الثابت الكونى فى ورقة بحثية تالية، هذا الثابت الذى تبرأ منه آينشتاين نفسه فى فترة لاحقة بوصفه أفدح أخطائه، لكن كثيراً من علماء الكون يرون فيه وسيلة لوصف تزايد تمدد الكون المكتشف حديثا.

من الواضح أن آينشتاين كان الشخص الأكثر أهمية فى القرن العشرين. وقد حقق لذاته صورة ومكانة إعلامية تجاوزت (للأسف كما يرى البعض) قمة عبقريته العلمية. فكل منا يشعر أنه يعرفه. ولكن يظل كل منا يفكر فيه بطريقة مختلفة.

لذا طلبت من المشاركين فى هذا العمل أن يضعوا الأسئلة التالية نصب أعينهم: من هو آينشتاين بالنسبة لك؟ ما الفرق الذى أحدثه فى نظرتك للحياة وأفكارك وعلمك؟ كيف أثر فيك آينشتاين بشكل شخصى؟ من هو آينشتاين الخاص بك؟

إن المقالات الأربع والعشرين بين دفتى هذا الكتاب هى إسهامات لأبرز علماء فيزياء النظرية والتجريبية ومؤرخى العلم والكتاب العلميين. لكنه مع ذلك ليس بكتاب تنتهى اهتماماته عند الفيزياء وحسب، بل إنه مجموعة من السرديات الشخصية تفتح نافذة على كيف يقيم هؤلاء المفكرون ميراث آينشتاين العلمى والفلسفى وما هو تأثيره الخاص على حياتهم. وهؤلاء المشاركون هم:

– روجر هايفيلد حول أسطورة آينشتاين.

– جون أرشيبالد ويلر يتحدث (وهو الوحيد الذى عرف آينشتاين وخالطه وإن كان ليون ليندرمان قد التقاه فى لقاء سريع) حول لقائهما فى جامعة برنستون حيث كان ويلر يعمل فى كلية الفيزياء ببرنستون وآينشتاين يعمل فى معهد الدراسات المتقدمة.

– جينو س. سيجرى ولى سمولين وأنتونى زلينجر حول مصاعب ومشاكل آينشتاين مع نظرية الكم.

– جورج ف سموت وبيتر جاليسون حول مزج آينشتاين للتأمل الفكرى الخالص والملاحظة الفيزيائية.

– ليون ليندرمان حول النظرية النسبية الخاصة.

– تشارلز سيف حول استخدام آينشتاين لتجربة ذهنية.

– فرانك ج تيبلر حـــول لماذا يجب النظر إلى آينشـتـاين على أنه رجع علمى لا ثورة علمية.

– جورج ديسون حول تدرج حياته فى برنستـون وصداقتـه لهيلين دوكاس كاتبـة آينشتاين لفترة طويلة الأجل.

– كورى س. بويل حول الأسس الفلسفية لاستخدام آينشتاين كلمة الرب.

– ستيفن ستروجاتز وجورج جونسون وجيرمى بيرنشتاين حول كيف دفع آينشتاين بهم إلى فلك الفيزياء فى مقتبل العمر.

– ليونارد سوسكيند حول طريقة آينشتاين فى التفكير.

– جانا ليفين وماريا سيبربولو حول كيف ينظر الفيزيائيين إلى آينشتاين اليوم.

– مارشيلو جليسير حول عالم الخصائص الغامضة والتأثيرات الغريبة الذى أتى به آينشتاين.

– بول سى دابليو دايفيز ولورانس إم كراس وروكى كلوب حول تزايد تمدد الكون وإعادة ثابت آينشتاين الكونى إلى الحياة.

– ريتشارد مولر حول الطبيعة الغامضة للزمن.

– بول ج شـتينهـاردت حول علم كون جـديد يشـمل كون دورى وعـلاقتـه بتفكير آينشتاين الكونى.

وماذا عنى؟ من هو آينشتاين خاصتى الذى عرفته؟

لا زلت أتذكر تلك اللحظة التى عرفت فيـها بموت آينشـتاين فى إحدى مـحطات المترو ببوسطن. كنت آنذاك فى الرابعة عشر من العمر. كانت لحظة مدمرة بالـغة القسـوة شعرت فيها بألم وحزن عظيمين.

كانت عائلتى آنذاك قد انتقلت إلى مكان هادئ نسبيا فى الضواحى لكن السنوات العشر الأولى من حياتى كانت فى الأساس مسرحًا لتعلم أساليب النجاة فى بوسطن الآخرى - على بعد أميال من المراكب الشراعية العملاقة فى نهر تشارلز والقبة الذهبية لمبنى الولاية على بيكون هيل وجمال هارفارد الأخاذ ومبنى MIT الهائل.

نشأت فى دروشستر فى أربعينيات القرن الماضى. كان جوارًا صعبًا قاسيًا حيث وقبل الحرب العالمية الثانية، كان الأب تشارلز كوهيلين يرسل على أمواج "راديو القديس"المغمورة أفكاره المعادية للسامية. وساعد هذا الهجوم على تحويل دروشستر إلى أشبه بساحة حرب بين الأطفال الأيرلنديين والأطفال اليهود قليلى العدد. لذا كانت الرحلة إلى مدرسة ويليام إينديكوت على بلو هيل مغامرة تعين فيها على أخى فيليب - الذى كان يكبرنى بثلاث سنوات - الدفاع عن نفسه وكذا الدفاع عنى . ولقد ازداد وتعاظم إحساسنا بالضعف والهشاشة بإدراك أن كل امرؤ ذى سلطة مدنية - سواء كان معلم أو محصل الأجرة أو شرطى - دائما ما يكون اسمه ماك كورماك أو فلارتى.

دائما ما كانت المشاجرات التى نخوضها جزء من درس تاريخ أكبر، فلقد اكتشفت أنا وفيليب أننا كنا مسئولين بشكل شخصى عن مقتل الرجل الثانى فى الثالوث المقدس. حاولنا فهمم الأمر وعقلنته. لكن أى من حججنا - مثل أن المسيح كان حبرًا صلى بالعبرية وتعبد بالكنيس - كان بمقدورها أن تؤثر على هؤلاء الشبان الأشداء الغلاظ.

لكن كان لدينا سلاح سرى، سلاح من أقوى نوع، سلاح ندرك أنهم لن يمتلكوا مثله أو يستوعبوه. ولأكثر من مرة كنا نعود لأمنا بالمنزل بأنوفنا الدامية وجروحنا فما تفعل سوى أن تضمد جروحنا وتقول لنا بفخر:

"انظر إليهم، ماذا لديهم، إنهم يطهون لحم الخنزير المدخن يوم الأحد وينكبون عليه طوال الأسبوع. رجالهم لا يستحمون ونساؤهم يلقين بأطفالهن أمام البارات. أما نحن فلننظر إلى ما لدينا "كانت عيناها الزرقاوان تلمعان بقوة وهى تقول: "لن يكون لهم ما لدينا أبدًا. أبدًا. فلدينا آينشتاين".

كانت أمى على صواب حيث كان آينشتاين إلى جوارنا، ونحن نقاتل وسط نظام المدرسة التعليمى، فانطلقنا إلى المكتبة العامة نعرف منها كل ما يمكن معرفته. لقد أتاح لنا آينشتاين التفكير فى أفكار كبرى وأن نتقصى فكرياً أبعد أعماق الكون. لقد وفر لنا الفرصة لتقدير حياة العقل والإقدام عليها. كان دائماً معنا. كان لدينا آينشتاين ومازال لدينا آينشتاين حتى هذه اللحظة وكل لحظة".

صار أخى فيليب باحثاً فيزيائياً وتقاعد مؤخراً بعد حياة علمية طويلة فى ناسا. وهو الآن باحث مميز بجمعية ناسا وتلقى ميدالية الخدمة الاستثنائية. وبالنسبة إلى فإننى لمحظوظ أن أعمل اليوم مع الرواد من علماء الكونيات وفيزيائيى الجسيمات ومنظرى الوتر الذين جميعهم ورثاء لآينشتاين بشكل ما. ربما تقول إننى محظوظ جداً لكن الحظ ليس له علاقة بالأمر فقد حظيت بآينشتاين - آينشتاين خاصتى كما عرفته.

آينشتاين بين جنبات منزله

روجر هايفيلد

يشغل روجر هايفيلد منصب المحرر العلمي لجريدة "الدايلي تليجراف" اللندنية.

وقد أجرى بحوثًا في جامعة أوكسفورد ومعهد لو - لانجفين في جرينوبل حيث كان أول من نجح في ارتداد نيوترون عن فقاعة صابون. وله العديد من المؤلفات مثل "هل بمقدور غزال الرنة الطير؟" و "علم الكريسماس" و "علم هارى بورتر" و"كيف يعمل السحر حقًا؟" وشارك في تأليف "حياة ألبرت آينشتاين الخاصة" (مع بول كارتر) و"أطر التعقيد" و"سهم الزمن" (مع بيتر كوفنى) حيث نال الكتاب الأخير لقب أفضل الكتب مبيعًا وترجم إلى أكثر من اثنى عشر لغة.

ها هو آينشتاين كما صُوِرَ وعُرِف: رجل بدأ حياته أبله يعانى من خلل لغوى بسيط [مرده في الغالب إلى مشكلة في الجهاز العصبى] ينجم عنه صعوبة في القراءة والكتابة، لكنه مع ذلك تجاوز هذه العوائق والعقبات ليسهم في إرساء أسس نظرية الكم وليغير نظرتنا لمفهوم المكان وليغير معنى كلمة "الزمن ". رجل، على الرغم من هذه الإنجازات الشامخة، تجده يظهر تواضعًا جمًا بالغًا ؛ فتجده يخرج لسانه للكاميرا أشعث الشعر، غير مهندم الملبس، كارهًا للجوارب. شخصًا ذا عبقرية غير معتادة وذا قلب مفعم بالحيوية والدفء، رجلا مسالمًا (فيما عدا ما يتعلق بالنازيين).

وجه حكيم غضنته التجاعيد، وشعر أبيض أشعث حتى إن البعض ليطلقون عليه هالة. تجده يستعير المصطلحات والمفردات الدينية عند وصف الكون مما يكسبه مظهر رجل الدين أحيانًا. علاوة على ذلك كله فإن له سره العميق؛ فهو من اخترع سلاح القنبلة الذرية.

وتعود هذه الصورة لآينشتاين بوصفه نموذجًا لعالم فذ خارق إلى نصف قرن من بعد أولى ثمار عبقريته الإبداعية المذهلة. إن هذا الحكيم الوقور الذى استقرت صورته على الآلاف من الإعلانات وأقداح القهوة والقمصان لهو نموذج لآينشتاين حجب عنا أفضل وأرقى مراحل عنفوانه العلمى، إنه نسخة باهتة من ذلك الفذ الحقيقى. ولهذا فإن علينا تنحية هذا النموذج الشائع العالق فى أذهاننا عن الرجل الذى عمل فى برنستون ونستعيد آينشتاين المبدع.

هذا هو آينشتاين الشاب الصغير، الذى حاولنا - أنا وبول كارتر - رسم شخصيته فى كتابنا "الجوانب الخاصة من حياة ألبرت آينشتاين" الصادر عام ١٩٩٣ بعد سلسلة من الحوارات والمحادثات مع الأقارب والباحثين أمثال جورجين رن وجون ستاكيل وروبرت سكولمان. إنه آينشتاين العطوف: شاب ذو بنية قوية بارز العضلات على الرغم من تجاهله لمعظم أنواع التمارين الرياضية. حظى بوجه ذى قسمات متناسقة وعينين بنيتين دافئتين، وكتلة من الشعر الأسود المجعد وشارب كث. كان أيضًا حسن الطلعة راقت له مرافقة النساء وراقت لهن مصاحبته. وبالطبع كان عبقريا. لقد كان هذا أمرًا باديًا منذ البداية.

لم يكن آينشتاين طفلاً غبيًا. نعم كان يكرر الكلمات لكنه لم يُعانِ مرض الخلل اللغوى كما شاع. وقد أطلق عليه زملاؤه فى المدرسة الابتدائية لقب "جون الساذج - المدب" [فى نوع من السخرية لطريقته المباشرة وسلوكه الصريح جدًا على الأغلب]. لكن والدته بولين كتبت فى أغسطس من العام ١٨٨٦م أن ابنها ذا السنوات السبع جاء ثانيةً فى مقدمة ترتيب الفصل وأنه نال شهادة تقدير رائعة فى هذا الصدد. لقد نشأ وسط أسرة تكسب قوتها من أعمال الهندسة الكهربية، والتى كانت أحد فروع التكنولوجيا المتقدمة آنذاك.

وعلى الرغم من حبه لاستحضار لمحة دينية فى جملـه وأحاديثه، فإن آينشتاين وجد أنه من المحال الجمع بين تصور للرب فى جانب وعدم اقتناع بالحياة الآخرة على الجانب الآخر. وقد قال فى ذلك إن قراءته فى العلوم قد أنهت تدينه بشكل لا رجعة فيه وهو فى سن الثانية عشر من عمره. لقد توصل إلى قراره بأنه لا يمكن أن تكون قصص الكتاب المقدس صحيحة وأصبح مفكراً حراً متعصباً فى حريته مقتنعاً تماماً أنه كان يلقن الأكاذيب.

وهو لم يخترع القنبلة الذرية. بل إنه غير مفهومنا عن الزمان والمكان اللذين كنا نعرفهما. وبدأت أعماله العلمية العظيمة، فى تدفق إبداعى، عام ١٩٠٥م عندما كان فى السادسة والعشرين من العمر. وعلى غرار كافة رجال العلم وعلماء الرياضيات كانت سنواته المبكرة ذروة إبداعاته أغزر فترات إنتاجه.

وليس هناك من أحد يعرف آينشتاين الحقيقي خيراً من زوجته الأولى ميليفا ماريك Mileva Maric. فلقد شهد زواجهما، الذى امتد من ١٩٠٣م وحتى ١٩١٩م، السنوات الأكثر أهمية فى حياته ومع ذلك تجد هذه المرأة شخصاً ثانوياً فى العديد من السير التي وضعت حول آينشتاين. فنظراً لغياب الخطابات التى تعود إلى هذه الفترة، وتحرجهم تجاه زواجه الأول وكثرة ما شابه من عثرات وزلات، فإن مؤرخى السير التقليديين مالوا إلى التركيز على فترات لاحقة من حياة الرجل. وفى مثل هذه السير، حيث يجرى الافتراض أن العالم العظيم لابد وأن يحظى بحياة خاصة صافية رائقة تخلو من كل شائبة، نجد أن النمط السائد هو آينشتاين العجوز.

إلا أن الفرصة سنحت لرؤية آينشتاين جديد عندما توفى ابنه هانز ألبرت فى يوليه ١٩٧٣م. فكافة مراسلات الأسرة كانت موجودة فى علبة بأحد أدراج منزله ببركلى بولاية كاليفورنيا، بما فى ذلك خطابات حب آينشتاين إلى ميليفا . وكانت المجموعة بالغة الحساسية والشبوب حتى إن المدراء المسئولين عن ممتلكات آينشتاين اضطروا سابقًا إلى اللجوء إلى ساحات المحاكم لمنع هانز ألبرت من نشرها: وكانت حجتهم فى ذلك أنه لا يجب السماح لأى شخص بكشف النقاب عن مثل المواد والجوانب الحميمية

للرجل حتى لو كان ابنه الذى وجهت له كثير من هذه الرسائل. ولم تنشر هذه الخطابات سوى فى السنوات الأخيرة، حيث الآن فقط بمقدورنا الوقوف على آينشتاين فى ريعان شبابه وأوج نشاطه، بحسناته وعيوبه ومناقبه ومثالبه.

فآينشتاين الشاب كان يبثُ إلى ميليفا لواعج مر الشكوى من أمه وأخته على أنهما تجسيداً للغباء المطبق، مثيرتا للشفقة، ماديتا النزعة. واشتكى إليها من ضيق أفق أصدقاء أمه وأقاربها. فكانت عمته جولى نموذجاً تاماً للغرور والكبر بمعنى الكلمة. فأقاربه وهؤلاء المتطفلون هم أناس خاوون ذوو حياة فارغة وعقول ضامرة توقفت عن النمو.

ولم يكن آينشتاين الشاب بالمبجل للسلطات العلمية ذات الصيت، وليس تجنب المؤسسة العلمية له بعد التخرج فى المدرسة السويسرية الفيدرالية البولتينيك) والتى صارت تعرف اختصارا بـ ETH) عام ١٩٠٠م بأقل أسباب ذلك. ويحضرنا فى ذلك قصته مع بول درود، أحد رواد وأعلام المنظرين آنذاك، حيث قدم الأخير نظرية ملهمة تغص بالفائدة، إلا أنها افتقدت للوضوح والدقة. وهنا أرسل آينشتاين سلسلة من الاعتراضات على النظرية الإلكترونية للفلزات التى قدمها درود (والتى شرح فيها درود الكثير من الخصائص على ضوء الغاز الإلكترونى). فوجهة نظر آينشتاين أنه طالما جاء بنظرية مماثلة، فإنه من المناسب تماماً أن يعامل درود - وهو من هو آنذاك - معاملة الند للند وأن يعدد ويظهر أخطاءه. بل هدد آينشتاين بتصعيد الموضوع بنشر هجوم على نظرية درود. وكان تعليق آينشتاين آنذاك "أن الاحترام المطلق للسلطة دون تفكير هو أشد أعداء الحقيقة وأكثرها ضراوة".

وكانت تعليقات صاحبنا اللاذعة على معلميه فى المدرسة السويسرية على ذات الدرجة من الشدة. فأحدهم - كما يصفهم - يُعلمَ بوضوح لكن بشكل سطحى؛ أما الآخر فهو متأنق متظاهر بعمق التفكير لكنه فى الحقيقة متحذلق مدعى العلم. وعندما مضى آينشتاين يجاهد باحثاً عن وظيفة، فإنه اتهم محاضرى الفيزياء باعتراض مستقبله المهنى، وذلك بترويج آراء سيئة عنه. ومضى فى هذا الدرب ليضايق مدير

مدرسة داخلية حيث عمل لفترة قصيرة، ونجده فى هذا الصدد يخبر مليفيا عن الأمر "فلتحيا روح الثورة وعدم الاكتراث ، إنها ملاكى الحارس فى هذا العالم".

وتلعب هذه الخطابات الواضحة دوراً كبيراً فى تقويض صورة العالم العبقرى. فهو قد يكون شخصاً جميلاً ظريفاً ساحراً لكنه قد يكون أيضاً حاد اللهجة لاذع النقد أيضاً. فقد استحضر آينشتاين شخصية كاررزمية لها حضورها وسحر خاص هادئ وكان عابثاً. أى أنه كان بعيداً عن هذا الرجل أشعث الشعر الذى سادت صورته فى الأذهان فى السنوات الأخيرة، بل حظى بما وصفه أحد أصدقاء إيلزا، زوجته الثانية، "ملامح ذكورية جيدة".

قابل آينشتاين ميليفا عام ١٨٩٦م عندما انتقلت إلى القسم VI -A من مدرسة البوليتينيك حيث كانت - وعلى غرار آينشتاين - تعمل على دبلومة تؤهلها لتدريس الرياضيات والفيزياء فى المدارس الثانوية. كانت ميليفا ، ابنة الحادية والعشرين آنذاك تقريباً، تكبر آينشتاين بثلاث سنوات ونصف وكانت أيضاً المرأة الوحيدة فى هذا القسم هذا العام (وخامس امرأة فى تاريخ القسم).

وتطورت بينهما قصة حب (لم تبدأ من جانب آينشتاين). وهى ليست قصة حب بين ألبرت وميليفا بل قصة حب "جونى" و "دولى الصغيرة" (ودولى ليس إلا واحداً من بين عدة أسماء تدليل أخرى منها طفلتى الحلوة وملاكى الصغير وساحرتى الصغيرة وذراعى اليمنى). ولعل قصيدة التودد والحب العامية التى كتبها لها فى ٢٠ أغسطس ١٩٠٠ إليها متحدثاً فيها عن شدة أشواقه ورغبته أحد الصور المناقضة لما وقر فى أذهاننا عنه. أما الصورة الشائعة عن آينشتاين الأكبر سناً فلا تترك حتى احتمالية كلمة شاردة، لا هذه النوبة من حماقة الحب.

آه، ذلك الولد جونى

وقد ذهبت الرغبة بعقله

بينما يفكر فى حبيبته دولى

فأشعلت الرغبة وسادته.

بعد سنتين أصبحت العلاقة جدية. فقد حملت ميليفا بطفلة خلال رحلتهما إلى ممر سبلنج بالقرب من كومو. ووضعت ميليفا طفلتها حوالى نهاية يناير ١٩٠٢م، ومع ذلك فإنه ليس هناك ما يدل على أن أينشتاين وابنته ليزريل قد التقيا ولو لمرة واحدة. بل ولم يكن أينشتاين يتحدث على الملأ عنها أبداً. وربما كانت قد محيت من تاريخ الرجل لولا أنْ حال اكتشاف هذه الخطابات الشخصية دون ذلك. ومع ذلك فإن مصيرها غير معروف على وجه اليقين. فربما هدد مولدها بداية أينشتاين الجديدة كمسجل ومحقق فى براءات الاختراع ببرن، فلم يكن قد مضى على حصوله على الجنسية السويسرية غير عام ومن شأن عار إنجابه طفلة غير شرعية أن يضر آماله المستقبلية. والأرجح أنها تركت للتبنى. وعلى الرغم من أنه يمكن استيعاب الموقف، فإن هذا السلوك يصعب على المرء أن ينسبه لرجل الخير والمبادئ الذى عرفناه فى سنواته الأخيرة.

اشترك أينشتاين فى الاحتفالات الصاخبة ومزح أولاد المدارس فى بيرن. وعمل معلماً خصوصياً للرياضيات والفيزياء وكان من بين طلابه موريس سولوفين أحد المتشددين الرومانيين الذى كان يدرس بجامعة برن. وانضم إليهم لاحقا كونراد هابيت ابن أحد مدراء البنوك. انتقى الثلاثة مسمى "أكاديمية أوليمبيا" ساخرين فى ذلك من الالتزام بالشكليات ومضى ثلاثتهم يناقشون قضايا ومواضيع فلسفية ونال أينشتاين موضع القيادة. وحمل باب شقته – هو وميليفا – لوحة حملت عنوان "فارس المؤخرة، رئيس أكاديمية أولمبيا". وحدث فى أحد المناسبات أن فوت سلوفين موعداً فى مسكنه وهنا جاء عقاب أينشتاين وهابيت له بأن عبقوا المكان بالتبغ خلال التدخين الشره (حيث كان سلوفين يكرهه) ثم تكديس كافة متاعه ومقتنياته – بدءً من الأثاث حتى آنية الفخار– على السرير.

تمثل كل ورقة بحثية قدمها أينشتاين عام ١٩٠٥م الحبة الأخيرة فى عقد مجهودات طويلة لرواد الفيزياء الكلاسيكية – مثل لودفيج بولتزمان وماكس بلانك وهندريك لورنتز. ومع ذلك فإن أينشتاين حظى بما يكفى من مسافة فاصلة عن طرقهم فى التفكير بما يمكنه من تفسير أبحاثهم من منظور جديد – منظور ذى نتائج ثورية. ووفقاً لأخته ماجا، فإنه توقع نقداً مباشراً سريعًا لنظريته النسبية لكنه عوضا عن ذلك لم يجد سوى

الصمت التام، وهنا أحبط آينشتاين . وكان الاستثناء هو بلانك ذى التأثير العميق الواسع الذى بدأ فى إلقاء محاضرة عن نظرية آينشتاين محركًا خيال مساعده ماكس فون لو أول العلماء الذين اتصلوا بهذا المؤلف المغمور فى برن. ولم يجد فون لو أمامه رجلاً حكيمًا بل شابًا صغيرًا ثرثارًا يميل إلى الهذر. وعندما رأى آينشتاين فى مكتب التسجيل ببرن وجد مظهره ليس بجذاب ولا مشجع على الإطلاق حتى أنه تركه يمر به دون أن يستوقفه (لم أستطع أن أصدق أنه صاحب النظرية النسبية). ولم يكن بذات الدرجة مرتاحًا لهذا السيجار الرخيص الذى أعطاه إياه آينشتاين وانتهز فرصة مرورهما من فوق كوبرى على نهر الآر وألقى به خلسة.

لم تكن حياة آينشتاين الخاصة ناجحة مثل حياته العلمية وهو الأمر الذى أقصى ذكره أوائلُ كتاب سيرته. وكان من الممكن أن يكون قاسيًا. فمما يرد أنه عندما عهد بابنه إدوارد فى نهاية ١٩٣٢م إلى معهد بروجولزلى العقلى بزيوريخ لتلقى العلاج من الشيزوفرنيا (انفصام الشخصية) فإن آينشتاين قال "من يدرى لعله من الأفضل لو فارق الحياة قبل أن يعرفها فعلا". وعلاوة على ذلك نال آينشتاين درجة من كره الناس. ففى إحدى المرات قال عن امرأة رأى أنها عذاب لفنان عظيم من بين معارفه "أتعرف أننى أستطيع أن أقتل هذه المخلوقة البشعة بمنتهى الهدوء دون أن يرمش لى جفن. أود أن ألف حبلا حول رقبتها ثم أمضى مضيقا الحبل على رقبتها حتى يتدلى لسانها". وفضلاً عن هذا فإنه قد صاحب كلماته هذه بالإشارات والإيماءات المطلوبة.

كان للرجل شكوكه وهواجسه السلبية عن الزواج. فهو يرى أنه من اختراع "متخلف غبى" وأنه عبارة عن "عبودية متدثرة بثوب ثقافى". وكان يحتج مباشرة بأن الزواج غير متوافق مع الطبيعة البشرية وبأن ٩٥ ٪ من الرجال، وربما الحال نفسها مع النساء، ليسوا أحادى الزوج بالطبيعة. وقد مزح ذات مرة قال أنه يفضل "الرزيلة الصامتة على الفضيلة الصاخبة". فيرى أن الزواج اختزال الكائن البشرى الحر إلى محض بنود من الممتلكات "وأنه أخفق فى جعل حدث ما يدوم طويلاً". وقد سئل ذات مرة ما إذا كان جائز لليهود الزواج من غير اليهود فما كان منه إلا أن أجاب ضاحكا: "إن هذا أمر يحمل خطورة لكن كل الزيجات كذلك".

لقد أخبر حبيبته - ابنة عمه إيلزا - أن ميليفا كانت "كائنا غير ودودة تفتقد إلى حس المرح والفرحة خالية من أى معنى للحياة والتى تقوض فرحة الآخرين بالعيش فى فقاعتها الخاصة بها فقط". فهى كانت "أسوأ ما يمكن أن يكون"، كانت شخصية مهلكة مزعجة ملأت بيتها بجو المقابر. وكانت غيرتها عيبًا باثولوجيًا فى أى امرأة بهذا "القبح الاستثنائى". ثم جاء ما يحزن ميلفا ثانية. فأينشتاين طلب الطلاق عام ١٩١٦م، وهنا عانت من انهيار بدنى وعقلى. وفى النهاية وقع الطلاق فى فبراير ١٩١٩م ليتزوج أينشتاين وإيلزا فى يونيه التالى.

وخلال أشهر قليلة صار أينشتاين أحد الرموز التى يحتفى بها عالميًا وأبرقت التايمز اللندنية يوم ٧ نوفمبر ١٩١٩م بعناوين "ثورة فى العلم / نظرية جديدة للكون / الإطاحة بأفكار نيوتن". ثم تلى ذلك بيومين صفحات النيويورك تايمز وقد علتها "نظرية أينشتاين تتفوق، العلماء على جمر الاشتياق". وقد كشفت التقارير ملاحظة بعثتين بريطانيتين لكسوف شمسى - وكذلك العلماء فى شمال البرازيل وجزيرة بيرنسيبى على الشاطئ الغربى لأفريقيا - لانحراف ضوء النجوم الذى توقعه فى نظريته للنسبية العامة. وقد أثارت تلك النتائج الجمعية الملكية البريطانية والذى رحب رئيسها بالنسبية بوصفها قد تكون أهم إنجازات الفكر البشرى. وقد أطلق كاتب سيرته إبراهام بى على ذلك "مولد أسطورة أينشتاين".

وقد لاحظ المهندس المعمارى لمنزله الصيفى فى كابوث، بالقرب من برلين، حيث أمضى أشهر علماء العالم آنذاك، معظم الوقت بين عامى ١٩٢٩ -١٩٣٢، أن النساء كن ينجذبن للرجل انجذاب المعادن للمغناطيس وأنه كان يتجاوب معهن بشغف. وتطورت عدة علاقات كان البعض منها سطحية وقتية والبعض منها حميمية عميقة، إلا أن كلها كانت مؤلمة جارحة لإيلزا والتى ألقى بها هى الأخرى فى غياهب الغيرة التى أشتكى من ميلفا بسببها ذى قبل.

تهافت رجال الصحافة على أحاديث وحوارات صحفية مع الرجل صاحب النظرية وكان يأسرهم أن يجدوا أمامهم شابًا ثائر الشعر غريب الأطوار له سحر خاص ويثير

جواً من المرح الساخر. وصار أحد حكماء وسائل الإعلام وسعى وراء إرضاء العالم قاطبة. وأحاطت به الشابات الصغيرات خلال رحلته إلى جنيف حيث حاولت إحداهن نزع خصلة من شعره. وأُطلق اسمه على الأطفال تيمناً به، وكذلك تلسكوب وماركة سيجار مسجلة وبدأ سيل الخطابات فى التدفق عليه. واستمر ذلك طوال حياته: خطابات ممن يتمنون له الخير والسعادة ومهووسين متدينين وطالبى الإعانات الذين يتوسلون طلباً للمال وجماعات الضغط تطلب الدعم والمؤازرة وأطفال يريدونه أن يساعدهم فى إنجاز فروضهم المدرسية - حتى من طفلة صغيرة أرسلت له سائلة "هل أنت موجود حقا"؟

بالطبع لم يعد آينشتاين الشاب الصغير الذى حقق الكثير والذى وصلت مجهوداته قمتها فى نظرية النسبية العامة ١٩١٥م. ومع دخول آينشتاين عقد الأربعينيات، تحول سعيه نحو نظرية المجال الموحد - وهى عبارة عن مجموعة من المعادلات التى من شأنها المزاوجة بين قوانين الجاذبية والكهرومغناطيسية. فلقد كان يعتقد حينها أن هاتين هما القوتين الأساسيتين فى الطبيعة ولهذا فإن نظرية تفسر كليهما سوف تحل كل ألغاز الطبيعة وتكشف عن أسرارها. ومع اقتراب موعد عيد ميلاده الخمسين عام ١٩٢٩م، أذاعت الصحافة أنه على مشارف التوصل إلى اكتشاف عظيم، وعندما ظهرت آخر أوراقه البحثية فإن النيويورك هيرالد تريبون طبعتها كاملة. أما فى لندن فلقد علقت على نوافذ المحلات حيث اجتذبت حشداً كبيراً. صحيح أن كل ذلك يدل على قوة اسم آينشتاين، إلا أن الحقيقة أن المعادلات الثلاثة والثلاثين فى الورقة كانت بلا معنى بالنسبة للرجل العادى وأنها لم تحل سوى عدد محدود من مشاكل التعقيد التقنية.

وفى معهد الدراسات المتقدمة ببرنستون عمل آينشتاين جاهداً وراء نظرية المجال الموحد مع مساعده والتر ماير ثم بعد ذلك فالنتين بارجمان وبيتر بيرجمان. لقد كانوا يعملون معا فى ديسمبر عام ١٩٣٦م فى منزله الكائن ب ١١٢ شارع ميرسير بينما إيلزا تموت فى الغرفة المجاورة. وقد أصابت صرخاتها المتألمة من أعصاب بيرجمان أما آينشتاين فظل ثابتاً. وعندما كان يبدو أنه بصدد التوصل إلى الحل السليم تجده

يردد "إن ذلك على درجة من البساطة حتى أن الرب لم يكن ليجيزه على هذا النحو". ثم أوجز أفكاره عن المجال الموحد عام ١٩٤٩ ليضمها فى حاشية إضافية إلى الطبعة الثالثة من كتابه "معنى النسبية" و لقد تحول صدور هذه الطبعة إلى حدث عالمى فيما يرد بشكل أساسى إلى أنه صادف عيد ميلاه السبعين.

بعد موت إيلزا صار حب آينشتاين للحياة أقل تعقيداً. وهنا أدار ظهره للعلاقات النسائية وسعى خلف عدد من محاولات الزواج والتى بدأها مع مارجريتا كونينكوفا، التى اتضح أنها جاسوسة روسية كانت تصغره بخمسة عشر عاما (حيث لم يكن يعلم شيئا عن وظيفتها). وكانت آخر علاقته مع جوهانا فانتوفا، أمينة الخرائط السابقة فى مكتبة ببرنستون، التى قابلها عام ١٩٢٩. كانت تصغره باثنين وعشرين عاماً لكنه أخبرها أنه لا يزال يتمتع بثورة الشباب وطاقته.

وبينما آينشتاين على فراش الموت إذا به يطلب آخر حساباته على نظرية المجال الموحد والكهرومغناطيسية. ومع ذلك، وكما يخبرنا الفيزيائى فرانك ويلسيزك الحاصل على جائزة نوبل عام ٢٠٠٤ والذى قطن منزل آينشتاين فى شارع مرسير ، فإنه قد أسىء فهم أخر مساعيه العلمية بشكل كبير - وإن كان آينشتاين قد تجاهل دلائل قوية على أن الجاذبية والكهرومغناطيسية ليستا القوتين الوحيدتين الأساسيتين. واليوم يقع هؤلاء الذين يحترمون إنجازات الرجل فى حيرة بين سندان إنجازاته وأسطورته ومطرقة ما يعرفونه عنه من أمور وما حملت سنواته الأولى.

رجـل الحـريـة الأول

جينو س. سيجرى

ولد عالم الفيزياء النظرية المشهور هذا فى فلورنسا لأسرة مرموقة من الفيزيائيين وتربى بينها وبين نيويورك. وشغل درجة أستاذ زائر فى أكسفورد ومعهد MIT ويشغل الآن وظيفة أستاذ فى قسم الفيزياء وعلوم الفضاء فى جامعة بنسلفانيا. شغل منصب رئيس القسم منذ عام ١٩٨٧م وحتى ١٩٩٢م، وفى ١٩٩٥ أصبح مدير الفيزياء النظرية بالمعهد الوطنى للعلوم. وهو مؤلف "مسألة درجات: ماذا تكشف الحرارة عن ماضى ومستقبل نوعنا والكوكب والكون".

"كان أكثر من عرفت حريةً". هكذا يصف إبراهام بى آلبرتَ آينشتاين فى السيرة التى كتبها عنه. وقد قُدر ل بى، هذا الفيزيائى العلم وزميل وصديق آينشتاين فى معهد الدراسات المتقدمة فى برنستون، أن يعرف آينشتاين جيدا - أو لعلها معرفة شاب صغير بأحد الرموز العظيمة فى آخر سنواته. فدائماً ما تنزها معاً وكانا يناقشان نظرية الكم والنظرية النسبية بينما يقومان بتمارينهما، ومن ذلك يشيع بياس أينشتين من مكتب الأخير فى المعهد إلى منزله فى شارع مرسير. وكان بى أيضا ثالث الغرفة فى أثناء اللقاءات التى جمعت بين آينشتاين ونيلز بور - أثناء زيارات الأخير لبرنستون - فى جدل العشرين عاما الذى استمر بينهما حول التفسير الاحتمالى لميكانيكا الكم بينما كل منهما غارق فى سحابة دخان تتصاعد من غليونهما. وقد طور بى من عبارته

فيما بعد بأنه يقصد من عبارة "الأكثر حرية" بأن أينشتاين كان "صانعًا لقدره سيدًا عليه" بدرجة تفوق أى شخص آخر عرفه بى.

إن هذه الحرية، والتى برهنت على ذاتها فى شكل من الاستقلال، تخلق تفردًا لآينشتاين عن غيره من رموز العلماء فى القرن العشرين. ولا تنطبق هنا عبارة الأب جانيس جوبلين الخالدة "أن الحرية هى تشدق من لا لديه شىء يخسره". ففى حالة آينشتاين، كان هناك الكثير ليخسره. فلقد كان لحريته الشخصية والسياسية والفكرية ثمنًا، لكنه كان ثمنًا ارتضى دفعه وبذله لأن مقابل خسارة هذه الحرية كان أمرًا غير مقبول.

لقد كان ولع آينشتاين بالاستقلال أمرًا باديًا منذ البواكير الأولى. فلقد حدث أثناء فترة مراهقته أن أجبرت ظروف العمل الأسرة على الانتقال من ميونيخ إلى شمالى إيطاليا لكن آينشتاين الشاب تخلف وراء الأسرة ليكمل دراسته واختار أن يزورهما متى استطاع ذلك. ومع ذلك فإنه مع بلوغه سن السادسة عشر، ومع عنائه فى ألمانيا والصعاب التى لاقاها فى نظام المدرسة اتخذ قراره فتبرأ من جنسيته الألمانية تاركًا المدرسة فى ميونيخ ومضى يستكمل دراسته فى زيوريخ. ثم نال الجنسية السويسرية بعد خمس سنوات فى عام ١٩٠١م. وعلى الرغم أنه اعتبر ذاته مواطنا سويسريا وسافر بجواز سفره السويسرى، إلا أنه اكتسب فى الواقع الجنسية الألمانية (أو بالأحرى بروسية) عندما أصبح عضوًا فى الأكاديمية البروسية للعلوم عام ١٩١٣م، وهو المنصب الذى قبل به شريطة أن يسمح له بالاحتفاظ بجنسيته السويسرية هى الأخرى. وهذه الجنسية المزدوجة ستظل على حالها حين عام ١٩٢٣م حتى طلب منه رسميًا القبول بالجنسية الألمانية.

كان آينشتاين عام ١٩١٤م، ومع بداية الحرب العالمية الأولى، مدير معهد القيصر ويلهلم للفيزياء وأستاذًا بجامعة برلين. وبعد شهرين من اشتعال الحرب، شارك زميله الجامعى ماكس بلانك مع غيره من الآلاف الأكاديميين الألمان فى عريضة حملت عنوان "إلى مثقفى العالم" وهى وثيقة تدين التهم المنسوبة إلى القوات الألمانية فى بلجيكا

ومن تدمير أعمال الفن وإحراق مكتبة لوفيان وقتل المدنيين. وأُختتمت العريضة بالتأكيد على أن الأرض التى أنجبت بيتهوفن وجوته تعرف كيف تحترم التراث الثقافى لأوروبا. وبعد ذلك بفترة قصيرة وضع الأستاذ ج ف نيكولاى، أستاذ جامعى آخر من برلين، منشوراً مضاد يستنكر النغمة العسكرية التى علت الخطاب السابق. لذا فإنه نادى فى عريضته الأوروبيين للإتحاد لتجنب أهوال ومآسى الحرب التى كان متيقناً من قدومها. ولقد شمل خطابه الذى جاء محذراً من ويلات الحرب على نوعٍ من رؤية مستقبلية للأحداث "ولهذا فإنه ليس من الجيد فحسب بل من ضرورة قصوى ملحة أن يجعل كافة المتعلمين من سائر الأمم صوتهم عالياً ووجودهم ملموساً بحيث، ومهما كان مآل الحرب، يحولون ألا تحمل سطور معاهدة السلام إعلان حرب المستقبل". لكن هذا الاتجاه المضاد لم ير النور؛ ذلك أنه لم ينل سوى أربع توقيعات فقط كان آينشتاين واحداً منها.

لقد شهدت هذه الأثناء كداً واجتهاداً فى بحثه يفوقان ما سبقهما. فخرج علينا بالنسبية العامة خلال الحرب وهى الإنجاز الذى يرى فيه الكثيرون أعظم نظرية وضعها شخص بمفرده وأنها لحظة فارقة سوف يمتد أثرها لقرون. وعلى الرغم من ولعه بسويسرا، فإنه لم يخدع نفسه فى أوهام حول مسألة هذا البلد الذى تبناه وكان يعلق على الأمر ساخراً: "إذا كانت النسبية صحيحة فإن السويسريين سيقولون إننى سويسرى وسيقول الألمان: إننى ألمانى. أما إذا كانت خطأ فسيقول السويسريون: إننى ألمانى وسيقول الألمان إننى يهودى". ولقد جاء تناقض موقفه الدولى إلى عدد من المواقف الدبلوماسية شبه الكوميدية ومنها أنه كان غير قادر على التواجد فى السويد عام ١٩٢٢ ليتسلم جائزة نوبل وبهذا أعلنت الجائزة باسم آينشتاين على أن تسلم للسفير الألمانى فى السويد، لكن ما حدث أن سلمها له السفير السويسرى فى برلين وبدا أن كلتا البلدين تتلهف بشكل واضح على أن يكون واحداً من أبنائها.

لكن على الرغم من أن انتماءاته الدولية ربما تكون موضع شك، فإن موقفه كونه يهودياً كانت مسألة واضحة. فعندما شهد عام ١٩٢٠ ما مر به إخوانه اليهود من تهديدات ومخاطر خلال معاداة السامية، فإنه جاهر معارضاً بالتطرفات والمبالغات

المتنامية بينما انجرفت البلاد بشكل متزايد نحو التيار الذى استنكره. ومع أن بعض اليهود اعتقدوا أن مناخ القمع سوف يقل وتهدأ وتيرته وأن قوة النازية سوف تخفت لكن آينشتاين كان غير مقتنع. فأصبح مؤيداً وداعماً مؤثراً للحركة الصهيوينة وعمل على جمع التبرعات للقضايا اليهودية. ولقد وصل الأمر أن عرض عليه عام ١٩٥٢ - وقبل ثلاث سنوات من وفاته - منصب رئاسة الدولة الإسرائيلية وهو منصب شرفى له معنى رمزى عميق. لكنه رفض الأمر مجيباً "إننى لا أعرف سوى النذر البسيط عن الطبيعة ولا أفقه شيئاً تقريباً عن طبيعة البشر".

ومع ذلك فإنه تبرأ من اليهودية كهوية رسمية وهو ابن السادسة عشر ربيعاً. فربه كان نظاماً إلهياً أكثر تجريداً، نظام منطقى وترتيب للعالم أكثر منه رمز يتضرع إليه بالصلوات والدعاء. وكان من حين لآخر يستحضر كياناً علوياً بين طيات حديثه عن أمور الفيزياء، ليمس فى سخرية واستهزاء علاقة وفكرة شخصية تخصه - كما هو الحال مع عبارته الشهيرة "إن الرب لا يلعب النرد بالكون" و هى العبارة التى جاءت رفضاً للتفسير الاحتمالى لميكانيكا الكم بوصفه الوصف الأمثل للعالم الميكروسكوبى. كان بور يرد عليه فى جدلهما المستمر على نفس الوتيرة قائلاً: "ولا نحن من شأننا أن نملى على الرب كيف كان ينبغى عليه إدارة الكون وتصريف أموره". وكان آينشتاين يشير إلى الرب ببساطة - تحمل طعم السخرية - بالرجل العجوز.

على الرغم من أن آينشتاين قدر نصيحة العجوز، فإنه وضع أهميةً وقدراً أكبر للحرية الشخصية التى سمحت له أن يطرق سبلاً أخرى يجدها الآخرون صعبة عسيرة ألا وهى أن ينفض ويقطع ارتباطه بدولة أخرى. فلقد قام بالعديد من السفريات خلال العشرينيات وبداية الثلاثينات - إلى أمريكا الجنوبية واليابان وثلاث مرات إلى الولايات المتحدة لفترات طويلة بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا. ويروى أنه عند مغادرتهما فى شهر ديسمبر عام ١٩٣٢م لواحدة من هذه الجولات أنه أخبر زوجته أن تقر عينيها برؤية منزلهما فى برلين ذلك أنها لن تراه ثانية. فما كان منها إلا أن اعتبرت كلامه درباً من السخف لكن سرعان ما قفز هتلر فى ٣٠ يناير ١٩٣٣ إلى السلطة وصار مستشار ألمانيا.

وعندما عاد آينشتاين إلى أوروبا فى مارس من هذا العام فإن مركبهما رست فى ميناء أنترويرب ببلجيكا حيث توجها مباشر إلى مقر السفارة الألمانية فى بروكسل ليتبرأ من الجنسية الألمانية.

لقد قال آينشتاين فى حوار معه فى إحدى صحف نيويورك قبل عودته إلى أوروبا: إن "الإنسانية أهم من الجنسية القومية "وهو ما شكل أحد مُثل حياته ومبادئها. وبالنظر إلى أعلام الفيزياء المعاصرين له فإن المرء ليس بيده إلا أن يندهش من أهمية فكرة الموطن عندهم وعدم أهميتها النسبية له. فبلانك كان ألمانيًا حتى النخاع مخلصًا لوطنه معلنًا ولاءه له حتى فى أحلك الظروف والأوقات. فمع أنه فقد أحد أبنائه فى الحرب العالمية الأولى وأعدم آخر فى نهاية حكم هتلر، فإنه لم ير نفسه يومًا سوى ألمانيا. وهناك أيضًا بور الذى وإن عرف عنه نزعته الدولية إلا أن الدنمارك ظلت موطنه الأول والوحيد. وحتى إرنست رذرفورد الذى ولد فى نيوزلندا ظل مبقيًا على روابطه وصلاته بهذه المستعمرة البعيدة التى تركها فى بداية عقده الثالث. لذا فإنه عندما رقى إلى رتبة النبلاء فى ١٩٣١ فإنه اختار لنفسه لقب "اللورد رذرفورد النلسونى" وما نلسون سوى مدرسة ثانوية صغيره ارتادها فى شبابه. بل إنه ذكر زوجته وهو على فراش الموت بوصيته بتبرع لهذه المدرسة.

لقد عاد العديد من الألمان المتقدمين فى السن غير القادرين على بدء حياة جديدة بنجاح فى بلد جديد. فلقد عاد ماكس بورن، الذى طرده النازيون فى ١٩٣٣، إلى ألمانيا من أدنبره عندما تعاقد فى الخمسينيات وأمضى سنواته الأخيرة قرب جونتجن حيث سبق له أن وقف معلمًا وأستاذًا منذ عشرين عامًا خلت. وكذلك إروين شرودينجر الذى قفل عائدًا إلى مسقط رأسه فى النمسا فى أخريات حياته. وهناك آخرون ممن لم يروموا سوى رؤية الأهل وأصدقاء الأيام الخوالى. لكن أوروبا بالنسبة لآينشتاين كانت مرحلة طويت دون رجعة. فما أن وطأت قدماه الولايات المتحدة حتى أدار وجهه عن أوروبا حتى ولو لزيارة قصيرة خاطفة، ومما يذكر هاهنا أنه أخبر صديقًا له "لم أعرف يومًا موطنًا لى. فليس هناك من بلد أو مدينه أشعر تجاهها بذلك". صحيح أن هناك آخرين يتمسكون بفكرة الوطن ويستميتون بها إلا أن آينشتاين لم يفعل ذلك.

لكن الأمر الأهم هو حرية آينشتاين الفكرية وقدرته الاستثنائية للنظر إلى المفاهيم البسيطة والخروج منها بما لم يره أحد من قبل. فإدراكه أنه ينبغى تعديل قانون إضافة السرعة وأن هناك سرعة قصوى لبث الإشارات وأنه ليس هناك من أحد قبله استوعب معنى مفهوم التزامن، كل هذه الأمور، توضح رغبته فى التفكير بطريقة تتخطى الحدود وتتجاوز المعهود. لقد وضعت النسبية الخاصة آينشتاين على الطريق نحو أعظم إنجازاته ألا وهى النسبية العامة التى عمل عليها بلا هوادة من العام ١٩٠٧ حتى العام ١٩١٥. لقد بدأ الأمر مع فكرة بسيطة، فكرة واتته وهو جالس فى مكتب التسجيل ببيرن، كان حينها قد حقق عظمته بالفعل، لكن لم يكن قد اعترف بها بعض من قبل عـــالم يتسع فى بطء.

لقد أعادت نظرية النسبية الخاصة لآينشتاين تفسير قياسات المكان والزمان، لكنها قاصرة فى تطبيقها على المراقبين الذين يتحركون بشكل نسبى كل بالنسبة للآخر فى غياب كل القوى وهى ما تعرف جمل الإسناد أو العطالة INTERIAL للإشارة. ولهذا فإنه لا يمكن تطبيقها على العالم الواقعى بينما قوة الجاذبية منتشرة كما شرحها نيوتن. ثم جاءته بعد ذلك ما أطلق عليه درة أفكاره وأسعدها ألا وهى أن المصعد حر السقوط نحو الأرض يمثل إطارًا أو القصور الذاتى inertial. فكل الأشياء داخل الحركة تتصرف بشكل نسبى بينها كما لو كانت قوى الجاذبية غير موجودة (وهى الفكرة التى صارت مألوفة لمن شاهدوا رواد الفضاء فى مهماتهم أو تدريباتهم على هذه المهام). ولعله ينبغى على المرء أن يتخذ من هذه استعارة أو كناية على الحرية المطلقة ذلك أن آينشتاين قد اكتشف وسيلة لاستبعاد قوى الجاذبية ، وفى الوقت تظل موجودة فى الصورة ومأخوذة فى الاعتبار. وبهذا فإن هذه الخطوط التى جرى معاملتها بوصفها لا فكاك منها قد جرى تخطيها فى النهاية.

إن الكتلة فى معادلة نيوتن F = ma، حيث هى علاقة بين القوة والتسارع، هى ذاتها الكتلة الظاهرة فى تجاذب الجاذبية. وبهذا أخذ آينشتاين أول خطوة فى طريقه نحو النظرية النسبية الخاصة والنظرية العامة وهما الإنجاز الذى سيصف فعل القوى على انحناء الزمان والمكان. ولقد استغرق آينشتاين ثمان سنوات أخرى ليتم تنفيذ وجهة

نظره الرائعة وليطور الأدوات الرياضيـة المناسبة وليضع فى النهاية مجموعة من المعادلات التى تصف كل شىء من سقوط التفاحة حتى تمدد الكون لكن يبقى أن هذا كله بدا من أسعد الأفكار.

بحلول عشرينيات القرن العشرين، ومع التأكيد التجريبى على النظرية لنسبية العامة خلال ملاحظة انحناء الضوء ومنحه جائزة نوبل لعمله على نظرية الكم، فإن آينشتاين صار ولاشك أبرز العلماء والمثل الأعلى لمنظرى الفيزياء النظرية ومصدر إلهام الأجيال الصاعدة. لكنه مضى من عام ١٩٢٧ وما بعده فى إبعاد نفسه عن بقية زملائه الفيزيائيين برفضه القبول بما صار اعتقادهم وفكرتهم المحورية – ألا وهو تفسير كونهاجن لميكانيكا الكم. ولقد أسفوا كثيرا لهذا الأمر ذلك أن آينشتاين قد ساهم بالكثير أو بالأحرى بما يفوق غيره فى هذه الثورة العلمية التى تصدرها ويرنر هيزنبرج وإروين شرودنجر. وعن ذلك قال ماكس بورن: "لقد مثل الأمر بالنسبة للكثيرين منا مأساة بحق – فهو قد صار يسلك دربه وحيداً ونحن فقدنا قائدنا ورجل الصعاب". لكن دعونى أقول إن آينشتاين لم يأبه يوماً بالعزلة العلمية. وعلى غرار القيود التى سبق وأن كسرها وألقاها وراء ظهره، فإنه رأى أنه يمكن الخروج على الإجماع الفيزيائى. ففى نهاية المطاف وقف على طرفى نقيض مع الآخرين وأدرك ذلك ورحب به بدلاً من أن يسعى للتغلب عليه أو إصلاحه.

إن هذه المفارقة ظاهرة فى عمله وهى ما تكسبه خاصية غريبة من الديمومة وثقل غائب عن الكثير من جهود الآخرين. ويعلق بى على الأمر قائلاً: إن أعمال آينشتاين "تستحضر الوضوح والمباشرة والحكم القطعى حتى عندما يتعامل مع الموضع فى أوسع حالاته وأكثرها اضطراباً". ومثال ذلك أنه ما من عبارة فى ورقة ١٩٠٥ عن كمات الضوء تحتاج أن تتم مراجعتها على ضوء التطورات اللاحقة. ولقد وجدت هذه ملاحظة مثيرة إلى أقصى درجة حيث لم أكن بعد على اطلاع عميق بكتابات آينشتاين. فعلى العكس من علماء الإنسانيات أو العلوم الاجتماعية فإن علماء الطبيعة لا يعودون فى عملهم إلى الأصول والبدايات؛ ذلك أن المجال يتقدم بسرعة ويغص بالاكتشافات الجديدة. فنحن نشتق جوهر الاكتشاف من المحتوى لا الأسلوب. واعتقدت أن ملاحظة بى قد

تنطبق فعلاً على نظرية النسبية التى خرج بها آينشتاين ككل متكامل، لكنى تشككت حول إذا ما كانت تسرى أيضًا على أوراقه عن نظرية الكم ذلك أن هذا الموضوع كان يمر بتحولات وتغيرات كثيرة بينما يضيف إسهاماته إليه. ولما تملكنى الفضول مضيت إلى مجموعة من الأوراق التاريخية الخاصة به وقرأت منها "حول نظرية كم الإشعاع" (١٩١٦). كنت أعرف مجمل الورقة بشكل عام؛ ذلك أننى تعلمتها خلال إحدى الكتب الدراسية لا من النص الأصلى كما هو الحال مع كل فيزيائيى جيلى. لذا فقد أقدمت على المقال ببعض الخوف أن أجده غامضًا فأعجز عن فهمه مما سبب لى خيبة أمل كبرى. لكن ما حدث أننى وجدته سهلاً فى منتهى الوضوح بدرجة تفوق أى كتاب دراسى آخر بل كان مثيرًا ممتعًا بشكل خفى يدفع على الرهبة والتريث.

إنه لمن المؤثر والعميق جدًا أن ترى آينشتاين، الذى كان قد نشر توًا النظرية النسبية العامة، وهو يعود مرة أخرى إلى نظرية الكم التى قدم لها الكثير والكثير من قبل. لقد كان يعمل حينها على انبعاث وامتصاص الإشعاع ثم يعود ويدمج الإشعاع مع النتائج التى توصل إليها عام ١٩٠٥م فى نظرية النسبية الخاصة. فلقد أوضح آينشتاين فى هذه النظرية أن الفواصل والوحدات الزمنية والمكانية ليس لها قيم مطلقة بل لابد على المرء أن يفكر فيهما معًا. وأدرك أيضًا أن الطاقة وكمية الحركة مرتبطتين ببعضهما كما هو الحال مع الزمان والمكان. وقد أوضح بشكل خاص أنه نظرًا لأنه يتم الحفاظ على الطاقة خلال التصادمات فإن الحال نفسها لابد وأن تسرى على كمية الحركة. لذا فإن كمًا من الإشعاع ينقل الطاقة إلى هدف ما سوف ينقل أيضًا كمية حركة. ولقد كتب آينشتاين فى مقال عام ١٩١٦م:

> "بشكل عام، يقيد المرء نفسه فى المناقشة على تبادل الطاقة دونما أخذ تبادل كمية الحركة فى الاعتبار. ومع أن المرء يشعر أن لديه مبررًا لذلك فإنه يجب وضع هذه التأثيرات الصغيرة على قدم المساواة مع التأثيرات الأوضح لانتقال طاقة الإشعاع ذلك أن الطاقة وكمية الحركة مرتبطتان ببعضهما بأشد صورة ممكنة".

وبالطبع كان آينشتاين من وقف على هذا الارتباط.

هناك رموز بعينها من عظماء القرن العشرين (ويتبادر إلى الذهن نيلسون مانديلا) يحظون بطريقة مثيرة للفضول كونهم ينتمون لهذا العالم ومع ذلك لديهم القدرة على تجاوزه وتخطيه عالياً. فملاحظاتهم وأفعالهم لها ثقل كبير يستقطب أعلى درجات الاهتمام الذى يمكن وصفه بالعالمى. وفى حالة آينشتاين تعلق الأمر بالوقوف على ما هو صحيح وما هو خاطئ فى القوانين التى تحكم عالمنا والتوصل إلى القوانين التى تنظم الكون من حولنا. ولا يبدو أنه كان قادراً على تحقيق كل هذا دون أن يكون "أكثر الناس حرية". فهذه الحرية هى ما جعلته يستحق أعلى وأسمى آيات التشريف والاحترام بوصفه أعظم علماء القرن العشرين وواحداً من أعظم رموز الإنسانية. لقد كان فعلاً سيد مصيره وكذلك إحدى القوى التى شكلت وصاغت حياتنا.

المعلم والناصح الأمين

جون أرشيبالد ويلر

بعد العديد من الإسهامات الهامة المبكرة فى الفيزياء النووية وفيزياء الجسيمات، تحول جون أرشيبالد ويلر بعد ذلك ليصبح أحد الأعلام الرائدة فى تطوير النسبية العامة والجاذبية الكمية. وقد أشرف على ما يفوق خمسين من طلاب الدكتوراه بادئًا مشواره من جامعة نورث كارولينا حيث أمضى سنوات تعلمه بين عامى ١٩٣٥-١٩٣٨م، ثم انتقل إلى برنستون فى مرحلة طويلة امتدت بين عامى ١٩٣٨ وحتى ١٩٧٦م ثم جامعة تكساس فى أوستين (١٩٧٦-١٩٨٦). وله عدة مؤلفات من بينها "الجامعة موطنى: رحلة فى الجانبية والزمكان" و كذلك السيرة العليمة الذاتية (التى ألفها بالاشتراك مع كنيث فورد سنة ١٩٩٨م) "جنوس Genos والثقوب السوداء ورغوة الكوانتم: حياة فى الفيزياء". وكان هو أول من نحت مصطلح "الثقوب السوداء".

عندما قابلت آينشتاين لأول مرة كان ذلك فى خريف ١٩٣٣م، حيث كنت فى الثانية والعشرين من العمر وحديث الحصول على درجة الماجستير. وكان آينشتاين آنذاك فى الرابعة والخمسين من العمر وأكثر علماء العالم شهرة ومكانة. ومع ثقة الشباب المندفعة داخلى، كانت لدى رؤية واضحة مفادها أن الفيزياء النظرية – فى وجود الفيزياء النووية ونظرية الكم للإلكترونات والبوزيترونات والفوتونات

(نظرية الأزواج كما أطلقنا عليها آنذاك) - هى البوابة إلى فيزياء الغد. وكان هذا التخصص الذى أردت العمل عليه. أما توجه آينشتاين فلقد بدا لى وبوضوح أنه طريق مسدود.

كان لقائى الأول به هو أول محاضرة ألقاها فى برنستون حيث كان قد وصل مؤخراً ليشغل منصبه فى معهد الدراسات المتقدمة. ولقد أبقيت المحاضرة طى الكتمان ولم يعلن عنها خوفاً من الازدحام الشديد. لكن يوجين ويجينر، الذى كان أستاذاً فى جامعة برنستون (وصرنا فيما بعد صديقين مقربين) أتصل بجريجورى برايت فى جامعة نيويورك ودعاه إلى الحضور. كنت أنا حينها طالباً فى دراسات ما بعد الدكتوراه مع بيرت الذى دعانى بدوره لمرافقته. استقلنا القطار وتوجهنا إلى برنستون فى رحلة تأخرت قليلا بسبب حادث لم يؤذى فيه أحد لحسن الحظ وهناك جرى تقديمنا إلى ألبرت آينشتاين (على يد روربرتستون على ما أتذكر) وجلسنا نستمع إلى الرجل يتحدث عن نظرية المجال الموحد ثم مرت فترة من الأسئلة والإجابة عليها لنعود إلى نيويورك فى نهاية الأمر.

لقد تأثرت كثيراً بعناد وصلابة وعزيمة آينشتاين فى الدفاع عن حلمه وأسلوب عرضه البسيط - فى إنجليزية مقبولة إلى حد بعيد - لكننى لم أعجب بالحلم ذاته ألا وهو نظرية موحدة للجاذبية والكهرومغناطيسية. (ولقد عبر آينشتاين نفسه فى لمحة من السخرية بالذات عن شكوكه تجاه هذا المشروع). فلقد كنت على قناعة حينها، وما زلت عليها، أنه إذا كان هناك من نظرية موحدة للفيزياء فإنها لابد وأن تتسع لما يتجاوز الجاذبية والكهرومغناطيسية. بل لابد أن تشمل كيانات الكم مثل الفيرميونات. (ومن يدرى لعل منظرى الوتر قد اهتدوا إلى سواء السبيل).

كنت متسرعاً لكن، بالتأمل فيما جرى، لم أكن مخطئاً. لقد قدم آينشتاين بالفعل أهم إنجازاته أما جهوده لتوحيد الجاذبية والكهرومغناطيسية فكانت لا تفضى إلى شىء. لكن الأمر الذى اقتضى سنوات قليلة لأعلمه فهو أن آينشتاين يتمتع برؤية وتفكير رائع مذهل فى الفيزياء وأنه لمن العسير جداً أن تثير نقاشاً حول موضوع فى الفيزياء النظرية وتجده لم يفكر فيه بعمق وإسهاب من قبل.

إن إجازة علمية قصيرة من جامعة نورث كارولينا هى ما أتاح لى أول فرصة للتعرف على آينشتاين. فلقد بدأت خلال الشهور الثلاث التى قضيتها فى معهد الدراسات المتقدمة، من ديسمبر ١٩٣٦ وحتى مارس ١٩٣٧، فى إدراك وتقدير ما لدى آينشتاين ليقدمه لأى منظر شاب يسعى خلف أفضل وأرقى المشاكل العلمية التى يمكنه العمل عليها. ولقد مثل مجرد حضوره وتواجده فى المكان دفعه تشجيع وتحفيز هائلة فى أول محاضرة لى بالمعهد. فعندما ذهبت مبكرًا يومها لتفقد المكان والوقوف على معالمه وجدت آينشتاين هناك بالفعل وقد كان أول الحاضرين.

بعد أن التحقت بجامعة برنستون، صرت أسعى إليه بشكل منتظم. وعادة ما تقابلنا فى مكتب الدور الثانى من منزله فى ١١٢ شارع مرسير بدلا من المعهد. ودائما ما كان كريمًا معطاءً متشبث برأيه ذا رؤية مستنيرة دائم المساعدة وتقديم يد العون. وعلى الرغم من اقترابنا الودود كل من الآخر فإننى لم أشرف أن نكون أصدقاء مقربين. فالفارق العمرى والخلفيات الثقافية ووجهات نظرنا فى العالم ككل بقيت أمورًا تحول دون ذلك. لكن آينشتاين ظل بالنسبة لى أرقى وأجل معلم وناصح أمين سديد الرأى والمشورة طوال سنوات عمره.

ثم جاء يناير من عام ١٩٣٩ ليبحر بور من الدنمارك إلى برنستون ليمضى عدة أشهر وليجدد مع آينشتاين جدالهما الشهير حول نظرية الكم (والذى كان فى حقيقة الأمر نقاشات ودية). لكن أخبار الانشطار النووى التى وصلت بور بعد بدء الرحلة بفترة وجيزة غيرت خطته. وأود القول إننى أشعر بالذنب عن دورى الذى حال دون أن تكون هذه المناقشات ممتدة متمهلة كما أمل فيها بور وآينشتاين. فلقد اختار بور عند العمل معى على التركيز على فهم الانشطار خلال فترة الشتاء وبداية الربيع . بل على الرغم أن مكتبا الاثنان كانا متجاورين - بينما كنت أسفل الرواق - فإنهما لم يمضيا معًا سوى نزر يسير من الوقت (وذلك خلال فترة إكمال أول مبانى المعهد خلال ١٩٣٩، بينما كان آينشتاين وغيره من أعضاء الجامعة فى حرم الجامعة).

كانت قد أتيحت لى الفرصة منذ مدة ليست بعيدة أن أخوض نقاشاً مع آينشتاين حول الكم . ثم كان عام ١٩٤١ حيث توصل تلميذى الموهوب ريتشارد فنيمان إلى ما أسماه طريقة الممر المتكامل لنظرية الكم (والتى أسمتها طريقة مجموع التواريخ) وعندها حددت موعداً مع آينشتاين وأسرعت له تملؤنى الحماسة والإثارة لأخبره بالأمر وأرى رد فعله. وكانت النقطة التى أردت توضيحها أن طريقة فنيمان جاءت بمنطق للاحتمالية الذى تتسم به ميكانيكا الكم، وهو الأمر الذى أثار الكثير من المشاكل والحيرة والتحفظ من قبل آينشتاين. فإذا كان الجسيم يسلك كافة المسارات ليصل إلى وجهته (حتى الجسيمات الافتراضية) - وهو جوهر طريقة مجموع التواريخ - فإنه لا ينبغى على المرء إذن أن يواجه لغز كيف يختار الجسيم أى مسار يسلكه. شرحت الأمر ثم أردفت قائلاً: "ألا تجعلك هذه الطريقة للنظر فى ميكانيكا الكم تشعر أنه من المعقول تماما القبول بالنظرية".

لكن آينشتاين لم يحمل أدنى خاطر من ذلك كله. فأجابنى: "ما زلت عاجزاً عن التصديق أن الرب يلعب النرد بالكون". وكما قال آينشتاين عن نفسه، فإنه قد يكون عنيداً كالبغل. فلم يكن هناك من سبيل لزحزحته قيد أنملة عن اعتقاده أن ميكانيكا الكم عبارة عن خطأ كبير.

ثم جاءت الفرصة التالية لاستشارة آينشتاين فى مسألة أعمل عليها أنا وفنيمان فى نهاية الأربعينيات من القرن العشرين وذلك بعد أن عدت من العمل فى الأسلحة خلال الحرب العالمية الثانية. كان فنيمان يزور برنستون وذهبنا معا إلى شارع مرسير. وكانت المناقشة هذه المرة حول الفيزياء الكلاسيكية لذا لم يكن هناك مناسبة أن يظهر موقف آينشتاين الخاص من الكم فى المناقشة. فلقد قررت أنا وفنيمان إزاحة كافة المجالات من نظرية الكهرومغناطيسية ووجدنا أنه يمكن صياغة النظرية بكاملها كنظرية "تأثير عن بعد "دونما مجالات بشرط أن نقبل حقيقة الآثار المقدمة سلفا"- والتى فيها يسبق الأثرُ السببَ. وكانت إحدى النتائج المحيرة التى توصلنا إليها أنه فى عالم ذى عدد قليل من الجسيمات فإن الزمن ليمض إلى الأمام والخلف بنفس السهولة جاعلاً من البديهى أن يؤثر المستقبل على الماضى بينما فى عالمنا الواقعى، ذى عدد

لانهائى من تريليونات من الجسيمات، فإن التأثير المتحد لكل ممتصات الإشعاع البعيدة يضع مثبطًا لتأثيرات الحركة الخلفية للزمن ليخرج بالزمن ذى الاتجاه الواحد الذى نراه.

كان من الطبيعى أن نود مناقشة الأمر مع آينشتاين. سمع إلينا ثم هز رأسه متفقا معا ومتفهما لما نقوله. ثم قال لنا أنه دائما ما اعتقد أن قوانين الكهرومغناطيسية الأساسية لا تحمل أى تفضيل لحركة الزمن للأمام دون الخلف. فهو يرى أن تدفق الزمن فى اتجاه واحد ذى أصل إحصائى وأن الأمر ينبع من هذا العدد الهائل من الجسيمات التى تتفاعل مع بعضها. وكانت هذه أروع صور بديهة آينشتاين وفطرته الفكرية. فبينما كان بيننا أنا وفنيمان جبل من الحسابات الطويلة إذا بآينشتاين يلخص النتيجة ويوجزها. والحق أننى عرفت خلال مناقشة سابقة معه بأمر ورقة كتبها بالاشتراك مع الفيزيائى السويدى والتر ريتز عام ١٩٠٩م. لقد كانت هذه ورقة استثنائية من جانبين أولهما أنها تطرح مجموعة من الآراء لا نتائج مبرهنة وثانيهما أن المؤلفين لم يتفقا. فوالتر رأى فى هذه الورقة أن عدم اللانعكاسية irreversibility هى أحد مبادئ الطبيعة الرئيسة بينما رأى آينشتاين أن عدم اللإنعكاسية هذه ترتكز فى الأساس على اعتبارات احتمالية. لذا فإن ما قمنا به سويًا بعد أربعين عامًا عاد بنا للخلف إلى منطلقات آينشتاين مدعما إياها ومبرهنا على عبقريتها.

على الرغم من احترامى المتزايد لآينشتاين واعتمادى الذى يتزايد على حكمته فإننى ظللت متشككًا فى قيمة وفائدة عمله على نظرية المجال الموحد. وكنت مهتما أيضا بجحافل المنظرين الشباب الواعدين الذين ينذرون أنفسهم للعمل مع آينشتاين (أطلقت عليهم الفيزيائيين على ساق واحدة) وكذا هذه الطائفة من المهتمين بالنظرية العامة الذين لا تزيد أعمالهم على أحجية وحيل المشعوذين دونما لمواجهة النظرية بالتجربة. لذا كنت مترددًا دائم الإحجام عن الإلقاء بنفسى فى فيزياء الجاذبية ذلك أن إجراء البحوث فى المجال يعنى بالنسبة لى توجيه الطلاب وإرشادهم بينما لم أكن أود أن ألقى بهم فى عالم لم يتدربوا بعد بالشكل الكافى للعمل فيه على فروع الفيزياء النظرية المختلفة وفى حين لم يتمتعوا بعد بالمعانى التجريبية الضمنية لعملهم - باختصار لم يكونوا ليتمكنوا من الصمود فيه.

لكن توجهى تغير مع بداية الخمسينيات من القرن العشرين. ففيزياء الجسيمات بدت متوجهة نحو دغل كثيف من البيونات pions[١] وغيرها مما لا يعد من الجسيمات وحينها بدأت أستشعر أن النسبية العامة قد تكون تحمل المزيد والمزيد من الكنوز المخبأة تنتظر من يكشف عنها. وتطلب منى الأمر تدريس النظرية النسبية العامة ولذا كنت مسرورا جداً عندما وافق ألين شينستون رئيس قسم الفيزياء ببرنستون عام ١٩٥٢م على طلبى بتدريس أول مقرر دراسي كامل فى تاريخ برنستون عن النسبية العامة. لقد انطلقت مصمماً فى قرارة نفسى أن آتى بكل ما يمكن من نظرية آينشتاين لأرى ما هى الرؤى الجديدة التى يمكن الخروج بها.

لم أناقش خطتى فى التدريس مع آينشتاين مع بدايتى للأمر، لكن ما إن بدأ العمل حتى وددت أن يرى طلابى الرجل الذى وضع النسبية وجها لوجه. ولقد دعا آينشتاين كامل الصف لتناول الشاى فى منزله بشارع مرسير (فى ١٦ مايو ١٩٥٢على وجه التحديد) . كان جزء من المهمات التى كلفت الطلاب بها قبل ذلك أن يصوغ كل منهم ثلاث أسئلة يود طرحها على آينشتاين على أن يقدم ويمهد لكل منها فى فقرة واحدة". وعندما حانت اللحظة وجدت بعض الطلاب وقد ألجمت ألسنتهم دون النطق حتى إننى سألت بالنيابة عنهم. ولقد قامت مارجوت آينشتاين ابنة زوجته وهيلين دوكاس سكرتيرته بإعداد الشاى، بينما كان آينشتاين مضيفاً كريماً مستمتع ومرتاح ومرحبا تماما بوجودنا حتى وإن كانت طبيعة الموقف قد زرعت بعض التوتر بين الطلاب.

كان مبدأ ماش واحداً من الموضوعات التى وددت مناقشتها آنذاك مع آينشتاين. ويقوم مبدأ ماش على فكرة أن القصور الذاتى ناتج عن الكتلة الموزعة فى أرجاء الكون. فهذا المبدأ المثير قد مر بمراحل متفاوتة منذ وضعه ماش فى بداية القرن العشرين. بل إن البعض وصفه باللغو الفلسفى. لكننى أخذت الفكرة بشكل جدى ثم سخرت عام ١٩٧٩م من هؤلاء الذين دونما حكمة من أى نوع يتجنون على ماش بأن ما قدمه يخلو

---

(١) البيون: ميزون له دور فى تماسك النواة مع بعضها ينتج عن التصادم الجسيمات عالية الطاقة. أما الميزون فهو جسيم أولى مسئول عن القوى فى أنوية الذرات.

من أى فائدة متهمين إياه بالتلاعب وعدم الوضوح. فبالعودة إلى ١٩١٣ سنجد أن آينشتاين قد أخذ الأمر بجدية وكتب إلى ماش قائلاً: "لقد اتضح أن القصور ينبع بالضرورة من نوع من التفاعل بين الأجسام على ذات المحمل الذى جاء فى تجارب نيوتن. (لقد أشار نيوتن إلى أن التسارع يبدو مطلقًا ذلك أن الماء يتخذ سطح قطع مكافئ فى دلو دوّار بعد فترة من الزمن على عكس السطح المستوى ذلك إذا ظل الدلو ساكن بينما المادة تدور حوله فى الجوار).

لكن بحلول العام ١٩٥٢، لم يعد آينشتاين مفتونا بمبدأ ماش. فلقد قال فى مفاجئة لى ولطلابى (ذلك أننى أخبرتهم بخطابه إلى ماش) أنه لم يعد منجذبًا إلى مبدأ ماش. ولعله قال أنه ليس هناك شىء فى الطبيعة يتفق مع هذا المبدأ. على كل حال لم تتح لى الفرصة حينها أو فيما بعد للوقوف على سبب تغير آينشتاين.

كان بين الطلاب الحاضرين فى حفلة الشاى تلك طالبًا لديه من الشجاعة والإقدام أن سأل آينشتاين "بروفسير آينشتاين، ماذا سيحل بهذا المنزل بعد أن ترحل عنه؟". وعلى الرغم من تواضعه الجم إلا أن آينشتاين كان يدرك ما له من مكانة ومنزلة. لذا، وبقدر ما أتذكر، كانت إجابته "إن هذا المنزل لن يصبح أبدًا مزارًا يفد الناس إليه ليتطلعوا إلى عظام نخرة". ولا شك أنه لم يصبح كذلك. فلقد سكنه عدد من رواد برنستون من بعده ولم يسمح للزوار إلا بالتطلع إليه من الخارج.

لقد كان آينشتاين يدرك أيضًا ما له من سمعة عن غرابة أطوراه وتصرفاته. وهاهى سكرتيرتى جاكى فيوشينى تتحدث عن رؤيتها لآينشتاين وهى لا تزال طفلة صغيرة. فوالدتها كانت تأخذها إلى شارع ناسو ربما لتمر بمخبر نيلز كولونيال الذى كان المفضل لآينشتاين أيضا. وربما كان يسعدها الحظ فيلتقيان صدفة بالبروفسير الشهير (أذكى رجل على قيد الحياة كما أخبرت جاكى) وقد ثار شعره فى كل اتجاه وقد ارتدى حذاء خفيف بال مع زوج من الجوارب غير متوافق معه أو بدون جوارب نهائيا. كان يسير ليرد على التحيات التى تلقى عليه بابتسامه أو بهز رأسه. بل إنه دعى صف

جاكى إلى منزله - لا لتناول الشاى بل ليرونه ويصافحونه ويتبادلون معه بعض الكلمات. لذا فإننى لم أكن المعلم الوحيد من برنستون الذى أخذ فصله إلى المنزل رقم ١١٢ بشارع مرسير.

كان آخر لقاءات تلامذتى بآينشتاين فى ١٤ أبريل ١٩٥٤م وذلك فى نهاية عامى الثانى لتدريس النسبية. ولقد قبل آينشتاين دعوة الطلاب التحدث فى سيمينار خاص ينظمونه حيث تحدث عن التطور المبكر لتفكيره، وكيف كانت حدود النسبية الخاصة له هما وقلقًا منذ البداية وعن عدم رضائه المستمر بميكانيكا الكم. أما الطلاب فذهلوا من أسلوب عرض وشرح لا ينسى فعلاً وبرغبة آينشتاين فى التفاعل بعمق مع أسئلتهم. ولعل هذه آخر محاضرات آينشتاين حيث توفى بعد ذلك بعام.

كانت ورقتى الأولى عن النسبية حول الجيونز Geons وهى حزم افتراضية من الكهرومغناطيسية ذات تركيز عال جداً حتى إنها تتجمع معًا بواسطة جاذبيتها هى (وقدمت هذه الورقة فكرة رغوة الكم أيضًا). كنت قد أتممت مسودة منها بينما أنا بالسويد فى صيف عام ١٩٥٤ وما أن عدت إلى برنستون حتى أرسلت نسخة إلى آينشتاين. ثم جاءنى رد كتابى منه فى أكتوبر من العام نفسه مفاده أنه يتخوف دائمًا ألا يتفاعل ويتجاوب مع الأمور بالشكل الصحيح وأضاف: "إنه من الأيسر كثيراً فهم أسباب المرء إذا ما أخبرك إياها وجها لوجه. لذا اتصلت به وحددت موعداً لنتناقش فيه. ووفقا لدفتر ملاحظاتى فإننا تناقشنا فى أمر الجيونز هاتفيا - ولعله أشار بذلك بدلاً من الانتظار لحين نلتقى.

لم يكن لى أن أتعجب نهائيا أن فكرة الطاقة فائقة الانضغاط قد خطرت لآينشتاين منذ سنوات خلت. ولقد قال إنه نحى الفكرة جانبًا واصفا إياها "بغير الطبيعية ". ولقد قال إنه مستعد للقبول بأن معادلات النسبية تسمح بوجود جيون من النوع الذى كنت أعمل عليه لكنه شك فى استقرار هذه الكيانات. ثم تمكنت بعد سنوات من إثبات أنه كان على صواب فيما يتعلق بعدم الاستقرار. (لكن ذلك لم يكن سببًا كافيًا للكف عن

دراسة الجيون. فبالإضافة إلى فوتون جيون قد يكون هناك نيوترينو جيون أو حتى جاذبية جيون - ومن يدرى، فإنه ما أن تدخل فيزياء الكم إلى القصة فلعله قد يوجد جيون صغير جداً . فرأيى أنه حتى إذا كانت الجيون كيانات انتقالية فإنها قد تكون مهمة بالنسبة لتطور الكون).

كانت ورقة الجيون خاصتى كلاسيكية تقريبا (أى بعيدة عن الكم) لكنها شملت بعض الإشارات إلى فيزياء الكم، وكانت إشارات كافية لتأتى بتعليق آينشتاين حيث أخبرنى ثانية، وكما قد فعل دائماً من قبل، أنه لا يحب الطبيعة الاحتمالية لنظرية الكم. ولقد مرت ما يقارب الخمسين سنة منذ قدم الكيـــان الكمى الأهم ألا وهو الفوتون (كما نطلق عليه). فلم يستطع يوما التوقف عن التفكير فى - بل والقلق بشأن - العالم الكمى الذى ساعد فى الإتيان به إلى الوجود. والآن أجد نفسى فى سنواتى الأخيرة أتأمل نظرية الكم أنا أيضًا عبر واحد من أسئلتى المفضلة: لماذا الكم؟ إن هناك ثمة شيئًا فى نظرية الكم أكثر إثارة للقلق والتفكير من النسبية، شىء ما يدعو لمزيد من الشرح والتفسير.

ربما كانت هذه المحادثة عن الجيون مع آينشتاين الذى كان قد بلغ الخامسة والسبعين آنذاك هى الأخيرة. فلقد توفى بعد ستة أشهر فقط فى أبريل ١٩٥٥. ولكم كان من الرائع لو أنه كان موجوداً معنا فى السنوات التالية لأجلس إليه مناقشًا إياه أتبادل معه الأفكار، بينما كنت أنا وطلابى ندرس الثقوب السوداء والإشعاع الجاذبى وليرانا أنا وتشارلى ميسنر وكيب ثورن أن نعمل معًا فى بداية السبعينيات، وقد اتفقنا على أن نحشد ما نعرفه عن النسبية. ربما لم يكن آينشتاين، بما له من بعد البصر وسداد البصيرة، ليتفاجأ بما كنا نقف عليه لكننى أعتقد أنه كان يهتم كثيرا بما نصل إليه ولا شك أنه كان ليمثل تشجيعا وحافزًا كبيراً لنا . وكلما تجمعت لدينا الأدلة على وجود الثقوب السوداء تخيلت نفسى جالسا معه أناقش الأمر معه.

حمالات بنطال آينشتاين

جورج ف. سموت

نال جورج سموت درجة الدكتوراة فى الفيزياء من MIT عام ١٩٧٠م وظل هناك باحثا فى دراسات ما بعد الدكتوراه قبل الانتقال إلى جامعة كاليفورنيا ببركلى. وأجرت مجموعته فى معمل لورانس الوطنى ببركلى تجارب لملاحظة مجرتنا والإشعاعات الكونية الخلفية . ويشير أفضل هذه الأقمار الصناعية المستكشفة للإشعاع الكونى COBE ذلك الذى بين أن كثافة الإشعاع الكونى الخلفى ذات طول موجى يعتمد تماما على الجسم الممتص - أن هذا إشعاع عتيق يعود إلى الانفجار العظيم. ولقد حظى سموت بالعديد من الأوسمة والجوائز منها ميدالية جمعية آينشتاين ووسام ناسا للانجازات العلمية الاستثنائية وجائزة كيلبى للإسهام فى العلوم والتكنولوجيا وجائزة قسم الطاقة بإرنست أورلاندو لورانس. ولقد ألف سموت (مع كيه دف. يدسون) كتاب شهير عن علم الكون تحت عنوان "تجعدات فى الزمن".

إن ألبرت آينشتاين لهو واحدا من نجوم الفيزياء اللامعة حتى إنه جعل من نفسه أحد رموز العالم. فحدث ذات مرة أن احتجت شراء حمالات لبنطال بذلة السهرة فذهبت إلى السوق أبتاع واحدة ووجدتنى أمام عدد محدود من الاختيارات حيث كانت هناك الحمالات ذات الشكل الهندسى الممل وموضة مارلين مونرو وموضة ألبرت آينشتاين. وبعد الكثير من التفكير لجأت إلى الخيار الأخير.

هاهى واحدة من القصص الفكاهية الشائعة التى سمعتها عن الرجل منذ سنوات عديدة ومازال لها معنى خاص عندى. فلقد أصبح من تقاليد آينشتاين فى سنواته الأخيرة (مع تقدم العمر به) أن يجرى عدداً من الحوارات الصحفية فى عيد ميلاده. سأله صحفى ذات مرة ماذا كان يتخيل نفسه إن قدر له حياة مختلفة؟ هل سيكون سعيداً فى حياة مختلفة؟ فأجابه آينشتاين بعد لحظة من التفكير "أعتقد أنى كنت سأحيا حياة رائعة لو كنت سباكًا". بعد نشر هذا الرد منح أعضاء نقابة السباكين فى واشنطون آينشتاين العضوية الفخرية ثم أهداه أعضاء نيويورك "طاقم أدوات سباكة مطلى بالذهب". ويقال إن ذلك أدخل على آينشتاين عظيم السرور. ذات يوم جاء فيزيائى شاب من جيران آينشتاين طالبًا استعارة مفتاح ربط المواسير لأن هناك تسربًا للمياه فى مطبخه فأجابه: "بالطبع وأنى لأود كثيرا أن تسمح لى بمساعدتك فأنت لا تعرف كم أتوق لذاك". وعلى غرار أفعلها بنفسك" فإننى أحب تصور آينشتاين وهو ممسك بالمفتاح المطلى بالذهب وقدميه فى مياه البالوعة القذرة المتساقطة عليه بينما يحاول أن يربط بإحكام المواسير دون أن يجرح مفاصل أصابعه.

لم يكن آينشتاين فيزيائى يعمل بيديه - أى من العلماء التجريبيين - بل كان مفكرًا منظرًا. وعندما كنت فيزيائيًا مبتدئا كان بطلى وقدوتى العلمية الأولى هو إنريكو فيرمى الذى كان قمة علمية بحق، منظراً وعالمًا تجريبيا. فلقد سمعت من كثير من الناس قصة هدوءه ورباطة جأشه المذهلة التى تمتع بها عام ١٩٤٢م عندما كان المفاعل النووى الأول، الذى بناه هو وفريقه فى جامعة شيكاغو، جاهزا للاختبار. فما إن حان موعد الاختبار وكل شىء جاهزا معداً فإذا به يعطى الجميع راحة لتناول الغذاء. انتهى الغذاء وعاد الفريق ليبدأ أول تفاعل نووى متسلسل. ثم انتقل فيرمى إلى لوس ألاموس كواحد من رواد مشروع منهاتن، لكنه لم يكن مفكر فحسب. فلقد طور مع بول ديراك السلوك الكمى للدوران نصف المتكامل للجسيمات وفى ذات الفترة طور آينشتاين أفكار بوز ساتيندرا ناث Bose Satyendra Nath لفهم إحصائيات الدوران المتكامل للجزئيات. وأطلق زملاء فيرمى عليه "الزعيم" لما اشتهر به من قدرة علمية لا تعرف الخطأ.

كان تأثير فيرمى وآينشتاين علىّ فى بداية حياتى العلمية متساوٍ تقريبا. ومع ذلك فإنه أحيانا ما راودنى أن آينشتاين ينال من الاهتمام العام والشهرة أكثر مما ينبغى مقارنة بالإسهامات العلمية للآخرين. فالصحافة، ومن ورائها الجمهور، دائما ما تركز على الفرد، خاصة هذا الذى يستقطب الخيال ويبدو قريبا منهم. وبالنسبة لهذه الجزئية فإن آينشتاين تمتع بجانب إنسانى جذاب كما تشير لمحاته عن السباكة، ولعله فى هذا اليوم الذى أسر بهذه الكلمات إلى الصحافى كان راغبًا أن يعيش حياة طبيعية مستقلة كتلك التى يحياها السباك . أما فيرمى، الذى كان له نبوغه فى النظرية والتجربة لم يكن أيضا رمزًا عاما، فبدا فى عينى نموذجًا أفضل وهو الأمر الذى شاركنى إياه عدد من الزملاء. فقد قضينا قسماً كبيرًا من مشوارنا العلمى، أثناء التحضير لدرجة الدكتوراة، مسترشدين بفيرمى ومسار من العلماء يعود إلى جاليليو. لذا شعرنا أن هذا المسار من تسلسل التدريب والأسلوب والتوجهات العلمية هو ما سنصبح خلاله باحثين علميين عباقرة. أما توجه آينشتاين وتاريخه فبدا على غير وفاق مع فكرة المسار هذه. بل اتخذ آينشتاين موقف المتمرد أو المنشق، هذا العبقرى المنعزل ذو الأفكار اللامعة الجيدة التى تأتى من حيث لا يتوقع.

بعد ذلك، مع تقدم العلم وتغيره وتغير حياتى العملية، وجدت أن حياتى اليومية قد تأثرت، على مستوى البحث والتعليم، بعمل آينشتاين بدرجة أكبر وأكبر. فقسم كبير من مجهودات فيرمى النظرية دُمجت فى بناء نموذج فيزيائى أكبر. أما نسبيات آينشتاين الخاصة والعامة فتظل كلاً متكاملاً. بل إن أغلب الفيزيائيين ظلوا يعاملونها لعقود عدة بوصفها شيء مقدس إلى أبعد حد. أما هؤلاء اللذين أزعجتهم المعانى الضمنية للنسبية وحاولوا تعديل أو هدم النظرية النسبية فقد نظر إليهم على أنهم أساؤوا فهم النظرية أو ضلوا سواء السبيل. وبعيدا عن التأكيدات العلمية المبكرة، فإن جمال النظرية وتناظرها الجوهرى وحده بدا إشارة قوية على صحتها. فالملاحظة والتجريب هى أحكام نهائية قاطعة فى الفيزياء وقد شهد العقد الأخير ميلاً متزايداً للنسبية العامة وقبولاً متزايداً بفكرة أنه سوف يجيء من بعدها نظرية أكثر تقدمًا تمامًا كما خلفت نظريات آينشتاين النسبية الفيزياء النيوتونية.

عندما تكون صغيراً فى مقتبل العمر فإنك تجد نفسك تود معرفة عمل ونظرية الأسلاف. السابقين ثم تنطلق متجاوزا إياهم، أما عندما يتقدم بك العمر وتجرى بحوثا وتتأمل الأمر فإنك تطور اهتماما متزايداً بفهم عمليات التفكير التى مر بها الفيزيائيون أسلافك والوقوف على جوانب المحاولة والخطأ فى عملهم. فأنت تدرك أنه نادراً ما تنبع فى العقل فكرة أو نتيجة كاملة بل إن الأمر فى الغالب ما يشهد انطلاقات وعثرات وكثير من العمل والمجهود قبل أن تأتى لحظة التنوير وتتذوق طيب ثمار عملك – فمن كد وجد ومن زرع حصد. وفى هذا السياق فإنى كثيرًا ما تساءلت حول القدرات والظروف الخاصة التى قادت آينشتاين إلى تلك الطفرة التى حققها فى عام الروائع ١٩٠٥م. فأنا عندما أقدم على تدريس النسبية الخاصة لطلابى فى جامعة بركلى، تجدنى أميل إلى طريقة بعينها، مثلى فى ذلك مثل الكثيرين من زملائى فأبدا بتجربة ميكلسون – مورلى (الحدث الأهم الذى شهدته كليفلاند) ونتائجها غير الصائبة حول حركة الأرض خلال ما يعرف بالأثير ناقل الضوء (الذى أعتقد أنه وسط يحمل الموجات الخفيفة) وبرهانها على أن سرعة الضوء ثابتة. ثم أنتقل إلى افتراض جورج فيتزجيرالد الذى يفسر هذه النتيجة بأن الأطوال تنكمش فى اتجاه الحركة وبعد ذلك إلى عمل هندريك لورنتز الذى وضع صيغا تربط الزمان والمكان فى إسناد إحالة واحد مع آخر يتحرك بسرعة ما. ثم منظور جديد بالكامل كشف آينشتاين النقاب عنه وهو ما نطلق عليه اليوم النسبية الخاصة. يخلق هذا ترابطًا منطقيًا جيدًا يساعد الطلاب على فهم النظرية النسبية وتقبلها بوصفها قائمة فى خط من التجارب الفيزيائية.

لكن السقطة فى هذا التسلسل الجميل أن آينشتاين دائمًا ما أنكر معرفته بعمل ألبرت أبراهام ميكلسون وإدوارد مورلى وأن أفكاره جاءت من التفكير حول كيف سيكون الحال لو أنه امتطى شعاعًا من الضوء. وبدا بهذا أننا كنا نضلل الطلاب لنصل إلى استنتاجات سليمة لذا أزعجنى هذا الاختلاف، فبحثت فى النهاية عن تحقيق صحفى أجرى مع آينشتاين فى اليابان وأشار فيه أنه بلا شك سمع عن نتيجة ميكلسون قبل عام ١٩٠٥م. فلماذا إذن حجبت هذه الملاحظة وراء تعليقاته الشهيرة التى ذاعت فى أرجاء الدنيا ومفادها أنه توصل إلى النسبية الخاصة خلال ما بدا أنه تفكير مجرد؟ بينما الأمر الأكيد أنه كان على دراية بأبحاث لورنتز وكذلك ميكلسون ومورلى ضمنيا.

على الرغم أن عمله الآخر هو تفسير للملاحظة (التأثير الكهروضوئى وأحجام الذرات والجزيئات والحركة البروانية) فإن نسبيات آينشتاين تبدو بالفعل وكأن جزءًا منها نابع من تفكير واعتبارات جمالية. أما هذا الاعتماد على الفكر وحده فوجدته مثالاً سيئًا بدأ فى الانتشار بين الفيزيائيين خاصة المنظرين منهم الذين بدوا جميعًا وكأنهم يودون أن يصبحوا آينشتاين التالى. لاشك أنى ربما تحيزت بعض الشىء حيث القسم الأكبر من عملى كان تجريبيا يعتمد على الملاحظة وحيث كان لدى اعتقاد جازم أن استقامة العلم وقوته تنبعان من سبر أغوار الطبيعة لا من رؤية خاصة مطلقة. وكان لدى دستور للتجريبية:

١- اكتشف تأثيرا هاما أو شيئًا جديدًا لم يسبق التفكير فيه.

٢- ادحض نظرية هامة لتوضح الحاجة إلى علم جديد.

٣- أكد نظرية عظيمة وبرهن عليها.

٤- أدحض نتائج تجربة المنافس.

أو

٥- فى أضعف الأحوال، أكد نتائج تجربة المنافس.

بينما من اليسير الوقوف على أولوية المردود الشخصى لهذه الجوانب إلا أن لها قيمتها ودورها الجوهرى لتقدم العلم - ذلك أنها ولاشك السبيل الوحيد للإبقاء على نظام لتصحيح الذات. فالميل إلى جمال ونقاء الفكر فى الحكم على صواب العلم ليس بالمرة بالمسار الأقوم لتصحيح نظرية بل إن آينشتاين نفسه قدم من الأدلة ما يثبت ذلك.

١ - الثابت الكونى الذى أشار إليه "سقطتى الكبرى".

أضاف آينشتاين هذا الثابت إلى معادلات النسبية العامة لكى يخرج بكون ساكن كما كان يفترض آنذاك لكن لم يمض عقد واحد من الزمان حتى أثبت إدوين هابل تمدد الكون وبهذا نظر إلى الثابت الكونى على أنه غير ضرورى - على الرغم أنه أثير مؤخرًا أن هذا الثابت يستوعب يعادل ما يبدو تسارع تمدد الكون.

٢ - فى خطاب إلى ماكس بورن بتاريخ ٤ ديسمبر ١٩٤٢.

كتب آينشتاين عبارته الشهيرة "إن ميكانيكا الكم مؤثرة عميقة جداً لكن صوتا داخلى يخبرنى أنها ليست ضالتنا المنشودة وإن كانت تكشف لنا عن الكثير والكثير. فأنا على قناعة تحت كل الظروف أن الرب لا يلعب النرد". ومع هذا فإن ميكانيكا الكم لازالت تؤمن لنفسها مكانا وتصدق على صوابها بالتجربة".

٣ - لُخص دور الرجل العجوز فى قول آخر "عندما يكون الحل بسيطا، يجيب الرب". وقد أكد هذا التعليق بعد رحلة أرثر إدينجتون للتأكد من نظرية النسبية للعامة، حتى أن آينشتاين كان ليشعر بالأسى تجاه الرب إن لم يحدث ذلك حيث إن "النظرية صحيحة".

على الرغم أن الحوارات والمناقشات الجمالية مفيدة كأدوات تطوير فإنها لا تريحنى خاصة عندما لا تكون هناك ملاحظات توجه مجهوداتنا - حيث يكون الأمر أشبه بعودة إلى التأمل الإغريقى فى الأجسام السماوية. لكننى توصلت فى وقت لاحق إلى أن آينشتاين أسس النسبية الخاصة على كم كبير من الملاحظات الفيزيائية لا على الفكر المجرد وحده وأن النظرية تجمع القوانين وتنسقها - خاصة الكهرومغناطيسية ونظرية الضوء - خلال معادلات جيمس كلارك ماكسويل. فالمؤكد أن آينشتاين كان على دراية بعمل لورنتز إلا أنه كان يتناول المسألة برمتها من وجهة نظر ماكسويل لا نتائج مايكلسون - مورلى. إنه كان يختزل هذه الأفكار إلى افتراضين أساسين يضافا إلى الفيزياء القائمة (١) أن سرعة الضوء ثابتة مستقلة عن سرعة المصدر أو الراصد و(٢) أن قوانين الفيزياء هى ذاتها فى كل إطار للقصور الذاتى. لذا فإنه انطلاقا من هذين الفرضين والتجارب الفكرية فإنه بمقدور المرء اشتقاق كافة نتائج النسبية الخاصة بما فى ذلك تحولات لورنتز وتمدد الزمن وانكماش الأطوال وفقدان الآنية و $E=mc^2$ وغير ذاك الكثير. لذا فإن النسبية الخاصة، بهذا البناء، هى نظرية رائعة الجمال لها من المعانى الضمنية ما يحمل على الدهشة والمفاجأة. ثم جاء إعادة تفسير النسبية الخاصة عام ١٩٠٧ على يد عالم الرياضيات هيرمان مينكوفيسكى ليوضح

حساباتها ويساعدنا على إدراك أننا نعيش فى أربع أبعاد، ثلاثة منهم للمكان وواحد للزمن، وهو ما يعرف بشكل عام باستمرارية الزمكان، وهذه كانت نقطة البداية لفهم النسبية العامة.

اتصل بى بيتر مينكوفيسكى، ابن أخ هيرمان، فى ربيع ٢٠٠٣م ليخبرنى أننى الفائز بميدالية أينشتاين لعام ٢٠٠٣ وأن الجمعية ستمنحنى إياها فى بيرن فى يونيه ٢٠٠٣. غمرنى شعور هائل ذلك أنها جائزة لها مكانتها المعترف بها ويكفى أعظم الأسماء والرجالات التى نالوها أمثال ستيفن هوكينج وإد ويتن وجون ويلر. كان أفضل ما فى الأمر أنه سيتم منحى الجائزة فى بيرن حيث كان يقيم آينشتاين عندما قدم مجموعة أوراق عام ١٩٠٥م. كنت آنذاك أدرس مقرر النسبية لطلاب التخرج وكان ذلك يدخل على سروراً فوق العادة حيث أبدى اهتماماً خاصًا بخلفية آينشتاين. وها قد سنحت الفرصة المثيرة لرؤية بيرن والتفكير كيف أمضى آينشتاين حياته اليومية خلال أغزر فترات حياته إنتاجاً.

كانت زيارة منزل آينشتاين بشارع مرسير الذى عاش فيه فى الفترة من ١٩٠٢ حتى ١٩٠٥م – هذه الفترة التى طور ونشر فيها هذه الأوراق الخمسة الهامة – واحدة من أهم جزئيات هذه الرحلة. كان آينشتاين يعيش فى شقة فى أحد الشوارع الرئيسة بمركز مدينة بيرن. تقع الشقة بالدور الأول أعلى أحد المطاعم وتشرف جمعية آينشتاين على تجديدها وصيانتها. وعلى الرغم من الاحتفال الهائل والكلمات التى ألقيت والعشاء الرائع إلا أن وجودى فى منزل آينشتاين والتطلع إلى صور أسرته معارفه والمواد العلمية حول ما كانت تشهده الفيزياء آنذاك كان له التأثير العاطفى الأكبر – وهو الأثر الذى وصل إلى ذروته عندما سمح لى بالتجول بمفردى فى الشقة. بدت لى شقة جيدة جداً، بمدفأة يعبق العائلة ومدفأة رائعة وأرضية خشبية صلبة والكثير من التفاصيل المعمارية – بالنسبة لرجل شاب وزوجته ميليفا مارى وطفل صغير (هانز ألبرت الذى ولد فى مايو ١٩٠٤م) – لكنه أيضا تعين على الأسرة تشارك الحمام مع أسرة مجاورة لهم. أما حجرة المعيشة فلها شباكين وصندوقين من الزهور وإطلالة جيدة على الشارع وأسقف عالية وأوراق حائط زاهية وقدر متسع من المساحة والراحة لأصدقائه وزملائه

الذين اعتادوا التجمع واللقاء عنده. أما آينشتاين الذى كان يأمل فى منصب بالجامعة فقد مضى للعمل مؤقتًا مدرسًا للرياضيات فى مدرسة ثانوية بوينترثر ثم مضى إلى وظيفة أخرى مؤقتة فى مدرسة خاصة بشافهوسن. وفى عام ١٩٠٢م تمكن من الحصول على وظيفة بمكتب التسجيل وهو ما وفر له الاستقرار وسمح له بإيجار هذه الشقة. لكن لابد أنه قد سكنته رغبة جامحة لممارسة الفيزياء فماذا عن تشتتات العمل والأسرة والحاجة إلى إكمال أطروحة الدكتوراه. ومع ذلك فإنه نجح فى ترتيب لقاءات منتظمة للحديث حول الفيزياء مع أصدقائه بل وأوجد الوقت ليكتب هذه الأوراق والأبحاث.

أمضيت بعض الوقت أتجول فى المدينة التى تغيرت قليلاً منذ أيام آينشتاين فأزور المقاهى والمحلات ماضيًا إلى الجامعة مستمتعًا ببيرن ومتخيلاً كيف كانت حياة آينشتاين وكيف أثر عليه المحيط من حوله؟ من أين جاءته هذه الأفكار وكيف طورها؟ هل كان منبعها هذا الوقت الهادئ الذى كان يمضيه فى مكتب التسجيل أو خلال أحاديثه مع أصدقائه أم خلال ذهابه إلى المحاضرات بالجامعة أم خلال عبثه بمفارش المقاهى؟ هل كان إيقاع الحياة والجو الفكرى هو الذى جعل الأمر ممكنًا؟ ثم جاءت عطلة نهاية الأسبوع فسافرت بالقطار من برن إلى الألب وهناك تنزهت على الأقدام قرب قرية لوتر برونن كما اعتقدت أن آينشتاين ربما قد قام بذاك. حينها تساءلت ما إذا كان جمال الطبيعة ووتيرة التمشية قد حررا عقله وفتحا أمامه سبلاً جديدة للنظر إلى الأشياء القديمة. لكننى تشتت معظم الوقت. لكن إذا أعددت نفسك جيدا فلعل آينشتاين كان على صواب عندما قال "إن التفكير الحذر المتأنى هو السبيل إلى فهم جديد".

وبدءًا منذ العام ١٩٠٥م فإن آينشتاين انطلق فى رحلة لم يقاربه فيها أحد من بعده: إنها انطلاقة امتدت لعقد كامل على الجبهة المتقدمة فى الفيزياء وهذا ما نحتفل به اليوم بعد قرن من الزمان. لذا تجدنى أرتدى حمالات بنطال ماركة آينشتاين بكل فخر.

آينشتاين ومو وجوج

ليونم. ليدرمان

يشغل ليون ليدرمان منصب المدير الفخرى لمعمل معجل فيرمى الوطنى وقد نال جائزة نوبل فى الفيزياء (مع ملفين شفارنز وجاك شتاينبرجر) عام ١٩٨٨ لطريقة شعاع النيوترينو وتوضيح البنية المزدوجة للبتونات خلال اكتشاف ميون النيوترينو. ثم حاز جائزة إنريكو فيرمى عام ١٩٩٣ وقلده إياها الرئيس كلينتون. وله العديد من المؤلفات منها "من الكوارك حتى الكون: أدوات الاكتشاف" (مع دافيد شيرام) و"جسيم الرب: إذا كان الكون هو الجواب فما هو السؤال؟ (بالاشتراك مع ديك تيرسى) و"التناسق والكون الجميل" (مع كريستوفر هيل).

إنه لمن العسير أن تعبر عما يشعر به عالم من رهبة وإجلال تجاه عالم آخر حقق إنجازًا مذهلاً - بما تعنيه الكلمة من معان - حتى وإن كنت تخاطب أكثر شرائح القراء ارتباطًا بالعلم. فإذا ما تأملنا طيف جاوس Gaussian spectrum للفيزيائيين الذى يتراوح من نيل درجة الدكتوراه حتى عتبات العبقرية فإن تقديرنا لإنجازات آينشتاين ليس إلا فى تزايد ونمو حتى نصل إلى العبقرى الفذ (غير الموجود غالبًا) الذى يضع يده، الآن أو فى العقد التالى أو ما إلى ذلك، على "سقطة كبرى" عبقرية بين ثنايا النظرية النسبية العامة.

قد يكون أينشتاين حالة خاصة ذو شهرة طبقت الآفاق لكتاباته التى تعددت فى الكثير من المسائل والأمور المختلفة حتى إن مصطلح الأسطورة بالكاد ما يوفيه حقه. وتجدنى هنا أود أن أحكى إليكم قصة حدثت معه ثم أقول قولاً فى هذا الرجل. والحق أنه، وبعد ثلاثين عاما من تدريس الفيزياء، فإننى كثيرا ما صرت أقص القصص وأسرد الوقائع.

يوماً ما من عام ١٩٥٠م سألنى أحد علماء الرياضيات الأصدقاء من برنستون إذا ما كنت أود مقابلة آينشتاين. كنت آنذاك طالباً حديث التخرج فى جامعة كولومبيا من معامل نيفس حيث كنت أعمل على معجلها الجديد. وكان ذلك معجل الجسيمات الأقوى فى العالم حيث بمقدوره تعجيل البروتونات إلى طاقة غير معقولة يصعب تخيلها لـ٤٠٠ مليون إلكترون فولت (400 MeV) وعلى سبيل الموازنة، فإن الآلة المكافئة الموجودة اليوم فى معامل أبحاث فيرمى تصل قدرتها إلى ٢ تريليون إلكترون فولت (2Tev). هكذا وجدت نفسى أنا وأفضل أصدقائى فى المدرسة الثانوية مارتن كلاين - الذى كان حينها طالبا فى سنة التخرج فى الفيزياء النظرية فى MIT - على أريكة فى برنستون منتظرين رؤية الأستاذ الكبير أن يمر وإلى جواره مساعده إرنست شتراوس الذى أعد لهذه المقابلة. ومع أن ذاكرة خمس وأربعين عاما مرت على هذه الأحداث صارت هشة لا يعتد بها إلا أن هذا ما أستطيع جمع شتاته مما دار على كل حال.

هاهما مقبلين بالتأكيد. وهاهو آينشتاين كعادته يرتدى بلوفر قطنى طويل الأكمام وبنطلون فضفاض. توقفا بالقرب منا وسأله إرنست إذا كان يمانع لقاء بعض طلاب سنة التخرج وهنا أجاب آينشتاين "على الإطلاق، بل إن ذلك من دواعى سرورى".

وقفنا أمام الرجل وبادر مارتين يسأله: "علام تعمل؟"

فأجاب مارتين: "نظرية الكم".

فأسرع آينشتاين "أوف، إن ذلك مضيعة للوقت".

ثم تحول بناظريه نحوى وهنا انبريت للقول إننى أعمل على بحث تجريبى حول خصائص البيونات. وكانت هذه الجسيمات تحت النووية قد اكتشفت منذ سنوات قلائل فى الأشعة الكونية وكان المفترض أنها المسئولة عن قوة متينة تجمع نواة الذرة مع بعضها وكان معجل نيفس مصدرًا أساسيًا لها.

هنا أطرق آينشتاين ثم هز رأسه قائلاً شيئًا فى الصميم مفاده أنه قد أصبح من المستحيل فعلاً تفسير وجود الإلكترون، فلماذا إذن يبذل كل هذا الجهد الجهيد على هذه الجسيمات الجديدة؟ بعدها ألقى لنا وداع لقاء مرحة بعد أن أتى علينا وأطاح بكلينا فى ثلاثين ثانية. وعلى الرغم من ذلك كله فإننا كنا فى قمة السعادة. لقد قابلنا آينشتاين وتجاذبنا معه أطراف الحديث حول الفيزياء. كانت إثارة لا يمكن تخيلها - فلم يهمنا ما قاله على الإطلاق بل إن المهم أننا تحدثنا معه. وبعد هذه اللحظات صار مارتين أحد أعلام الباحثين فى تاريخ الفيزياء وأحد كبار محررى أوراق آينشتاين البحثية، أما بالنسبة إلى فلقد ساعدت فى اكتشاف المزيد من الجسيمات الرئيسة عديمة الفائدة مثل النيوترينوات والكواركات وغيرها.

لكن يظل السؤال يطرح نفسه: لماذا لم يحبطنى كلام آينشتاين وينل من عزيمتى؟ إن هذا السؤال يشمل بين طياته سؤالاً آخر، وهو كيف يقيم الفيزيائيون وينظرون إلى الإنجازات الفيزيائية الكبرى وهو ما يتم بشكل يختلف عن طريقة بقية الناس حتى أهل العلم فى المجالات الأخرى. ولنأخذ مثلاً اكتشافًا أو اختراعًا معينًا - وليكن النظرية النسبية العامة - حيث سيظل هذا التناول والتقدير نابعًا من التاريخ والشخصية. لذا ينظر الفيزيائيون إلى هذه النظرية بوصفها شيئًا خاصا بآينتشتاين تمامًا. فلقد أنكب يعمل عليها بكل جهد وكد على مدى عقد من الزمان. ولم يكن دافعه وراء ذلك تفسير شطط فى النتائج التجريبية بل كان يرمى إلى التعبير عن جمال الطبيعة وبساطتها (وكان يصف الطبيعة بالسيدة العجوز). بالطبع كان للتجارب مساحتها وارتباطها وجاءت تجارب ذات دقة بالغة على مدار العقود التالية على ورقة ١٩١٦ لتؤكد أن النسبية قد تكون نظرية صحيحة للجاذبية.

إذن هل كان التأثير لهذا العقل وحده؟ حسناً هناك آخرون أمثال إرنست ماك وجيمس كلارك وماكسويل وغيرهم من علماء الرياضيات لكن فيما يتعلق بالبحث عن بساطة أكثر عمقاً وأهمية بالنسبة لطبيعة المكان والزمان والجاذبية فإنه كان فريدا إلى حد بعيد.

اسمحوا لى أن أضع نفسى فى مكان ما على منحنى توزيع الفيزيائيين ثم أحاول وصف كيف ينظر الفيزيائيون إلى آينشتاين وغيره من هذه الزمرة الذين أنجزوا الطفرات الكبرى مثل نيوتن وماكسويل وبور وشرودينجر وهيزنبرج وديراك. ومع أن لكل منا نحن الفيزيائيين قائمته الخاصة لكنى أحسب أن هذه الأسماء سوف ترد فى الغالبية العظمى من القوائم. وبالنسبة لى فإنى أجد آينشتاين ونيوتن هما الأبرز والأثقل وزناً. فلقد كانا فريدين تماما فيما قاما به. صحيح أنه كان هناك مجموعة من الأشخاص حولهم مثل هنرى بونيكاريه وهندريك لورنتز وماك إلى جوار آينشتاين وكذلك روبرت هوك وجوتفريد فون لبينتز إلى جوار نيوتن. لكن يبقى أن هذين الاثنين كانا بالفعل وحيدين تماما متجاوزين جميع من حولهم.

بدأت هذه الصورة لآينشتاين معى عندما كنت فى السادسة عشر من العمر مع قراءة كتاب "تطور الفيزياء". والكتاب عبارة عن عمل تبسيطى يقصد به غير العلماء من الجمهور، وضعه آينشتاين مع فيزيائى بولندى اسمه ليوبولد إينفلد، يمهد للنظرية النسبية لكنه أيضا وفر نظرة عميقة على فلسفة آينشتاين. أما الشىء الذى أتذكره بوضوح فهو جملة الاستعارة الافتتاحية حيث قارن المؤلفان العلم بالقصة البوليسية فجاء الأمر على النحو التالى:

"سيارة فورد بيضاء وكلب ينبح بشدة وقفاز متسخ بالدماء وبالطبع جثة أو جثتان". تسجل هذه المفاتيح لحل الجريمة كيف أن التحريين (العلماء) يجمعون المشتبه بهم ويحلون لغز الجريمة وبهذا يفسرون كافة الشذرات والواردات.

يتوجب علىَّ هنا أن أسجل رد فعلى الشخصى تجاه الانجازات الفيزيائية الأخرى الرئيسة. ولقد قرأت فى مكان ما أثناء الدراسة الثانوية قبل ١٩٣٩م عن استخدام نيلز بور

لمفهوم مستويات طاقة الكم فى تفسير بنية ذرة الهيدروجين. لقد أتى بور بمزيج من الفيزياء الكلاسيكية وتقديمه الخاص لفكرة الانفصال بغية تفسير تركيب الذرة وتبنى أيضًا مفهوم بلانك - آينشتاين للفوتونات لحزم الطاقة الضوئية . تبع ذلك الأطوال الموجية (الألوان) الدقيقة لكثير من خطوط الطيف لذرة الهيدروجين (وبضعة أسطر من الجبر البسيط، لكن الأمر الذى جعلنى أنا ليون المراهق ألهث بمنتهى الإثارة هى مجموعة الرموز المتسلسلة أمام المصطلحات التى تعد خطوط الطيف. فهى تحوى سرعة الضوء وشحنة الإلكترون وثابت بلانك وتشكيلة من أرقام ٢ و π .

أما السؤال كيف يتأتى أن تصبح هذه الثوابت، التى نبعت فى سياقات مختلفة تماما، أن تصبح جزء من وصف ذرة الهيدروجين وأن تقود بدقة وسلامة إلى خطوط الطيف الناشئة من غاز الهيدروجين المتوهج. لازلت أتذكر كيف وضعت الكتاب جانبًا وانطلقت بخطى حثيثة بحثا عن شخصًا لأحدثه حول هذا الاكتشاف المذهل وإن أصبت بقدر من خيبة الأمل إذ لم أجداً. وحينها تعلمت مفهومًا عميقًا فى الفيزياء وهو أن إذا كانت لدينا فكرة واضحة نشأت فى كنف الرياضيات ونسجت على نولها فإنها تستطيع وصف جانبًا جميلا مركبًا من الطبيعة.

هناك ثمة مثال آخر على الخيال الإبداعى والاحترام العميق الذى تكنه الطبيعة للرياضيات، إنها معادلة بول ديراك الشهيرة لوصف الإلكترون. حيث كان ديراك مهووسا بجمال المعادلة ولم تكن المعادلة جميلة فحسب بل مثمرة بشكل غير متوقع. وقياسًا على أن الجذر التربيعى لـ٤ ليس ٢ فقط بل ٢ و-٢ أيضًا فإن معادلة الإلكترون تنبأت بنوعين من الإلكترون. أى ليس إلكترون سالب الشحنة فحسب بل أيضا إلكترون موجب الشحنة. ولقد كشف إلحاح ديراك عن الأناقة والجمال عن ثورة فى الفيزياء: إنه وجود المادة المضادة. فلابد أن يكون هناك جسيم مضاد لكل جسيم موجود سواء كان إلكترونًا أو بروتونًا أو نيترونًا أو كواركًا. ويوضح تشبيه ديراك التأثير العميق لمفهوم التناظر على فيزياء القرن العشرين. ونظرًا لأن مفهوم التناظر قد نما وازدهر على مدار القرن العشرين فى الفيزياء والعمارة والفنون والموسيقى والرياضيات فإن تأثيره

فى الفيزياء لم يلهم ثورة فى العلوم النظرية فحسب بل عمل كقوة موحدة وصلة ربط بين العلوم الإنسانية.

وصلنا إلى عام مجد آينشتاين.

كثيرا ما يشار أن عام الروائع هذا (١٩٠٥) قد جاء بعد عدد من الإحباطات العديدة التى تعرض لها آينشتاين بدأت بعملية اختباره العسيرة لنيل درجة الدكتوراة ثم القبول البطىء لأطروحته وأخيرا حاجته الشديدة وصعوبة الحصول على وظيفة فى مجال تخصصه. فلما انتهى أمر الوظيفة إلى عمله بمكتب التسجيل ببيرن إذا بآينشتاين ابن السادسة والعشرين آنذاك يطرح خمس ورقات، نشرت كلها عام ١٩٠٥م، شملت حلول لثلاث من أهم مسائل الفيزياء فى عصره وهى وجود وحقيقة الذرات والجزئيات وسلوك الفوتونات الكمى وطرح جديد لمبدأ القصور الذاتى الذى طرحه جاليليو منذ ثلاثة قرون خلت. ونظراً لأن القصور الذاتى والنسبية مفهومان وثيقا الارتباط، فإن هذا الطرح الجديد يعرف الآن بنظرية النسبية الخاصة لآينشتاين.

كان لآينشتاين من الصيت والشهرة، أثناء فترة دراستى بالجامعة، ما أثر على حكمى على ورقة النسبية الخاصة لكن أيام دراستى كانت مليئة بأسئلة مثل من أين جاءته هذه الفكرة؟ ولماذا آينشتاين بالذات وكيف يمكن لهذه العبارة أو المفهوم أن يحمل مثل هذه المعانى الضمنية العميقة؟

كان آينشتاين يعمل على تسجيل براءات الاختراع طوال أوقات عمله ويلى ذلك بالعمل على الفيزياء فى الليالى والعطلات. لماذا؟ إنه لم يمضِ قيد أنملة نحو طفرة تجريبية (على الرغم أن هذه الفترة شهدت بعض الشكوك، ذات المنبع التجريبى، حيال نظرية نيوتن)، بل ذهب نحو جماليات وإحساس فيزيائى عميق بتوافق التناظر مع الطبيعة. ونظرا لأن التناظر وثيق الارتباط بالجمال والبساطة فإنه من اليسير الاعتقاد بصحة وجهة نظر آينشتاين حول كيفية عمل الطبيعة.

إن كلمة السر التى نتعلمها خلال مقررات الدراسات العليا، وإن كان ينبغى أن يتم ذلك خلال المدرسة الثانوية، هى الثبات. فعندما يُلاحظ نظام فيزيائى من وجهات نظر مختلفة، أو عندما يوضع النظام تحت الضغط والتعذيب - وهو ما لا يدرك معناه حقا إلا الفيزيائيين - فإنه لمن الهام جداً الوقوف على ما يطرأ عليه تغير وما يمضى دون تغير. هل يتغير جزء من النظام؟ هل تتغير الطاقة الكلية؟ هل يتغير النظام بأكمله؟ وماذا إذا لم يتغير شىء؛ إنه عندئذ نظام ثابت. وهذه هى الطبيعة فى أبسط معانيها وصورها. إن قوانين الفيزياء لا يهمها إذا كان الملاحظ جو يدرس النظام بينما هو ساكن (يتحرك بذات السرعة) أو ما إذا كان مو، وهو عالم بذات الخبرة، يتحرك مسرعًا بسرعة نسبية عالية. إن مو، هذا الفيزيائى الحريص، يرى جو وكل تجاربه من وجهة نظر مو بينما يتحرك متجاوزا إياه - على أن مو يرى القوانين والقواعد نفسها. ويرى آينشتاين أن هذا الأمر صائبًا بغض النظر عن السرعة النسبية. وبحسب تعبير الكتب المتخصصة فإن قوانين الفيزياء هى ذاتها مع جميع الملاحظين الذين يتحركون بسرعة ثابتة.

لم يكن هذا انسلاخا أو مفارقة للعلوم النيوتنية لكن آينشتاين كان يتعامل الآن مع ظواهر الكهرباء والمغناطيسية. وقد لخص ماكسويل هذه القوانين التجريبية بنبوغ عام ١٨٦٠م. قادت التجاربُ ماكسويل إلى اكتشاف أن الضوء عبارة عن ظاهرة كهرومغناطيسية وأنه بدمج القوى الكهربية والمغناطيسية فإن الاهتزازات تغادر السلك إلى الفضاء بسرعة هائلة تصل إلى ١٨٦,٠٠٠ ميل فى الثانية. وفى هذا يقول آينشتاين إن سرعة الضوء من قوانين الفيزياء، وأنها هى ذاتها لجميع الملاحظين. بهذا فقط يمكن تحقيق ثبات كلا من الأنظمة النيوتنية والماكسويلية. إنه أمر فى غاية البساطة لكنه أيضا فى غاية العمق حيث نخرج، بدمج هذه التأكيدات معًا، بالنظرية النسبية الخاصة لتحدث ثورة فى مفاهيمنا للمكان والزمان والطاقة.

لقد أتت هذه العبارة على كل ارتباك ونحت كافة الجهود المستميتة لفهم التجارب التى وقفت فى تحدى سافر بوجه الفيزياء الكلاسيكية. من ذا الذى بمقدوره ألا يحب هذا الإلهام الذى نسف شيئًا ما ليس له وجود اسمه الأثير الناقل للضوء. هل بمقدور

أى من عظماء العلماء - مثل بوانكريه أو لورنتز- الخروج بمثل هذه الفكرة؟ بل إنك قد تنال بعض المتعة والمرح مع هذه الفكرة حيث كل ما عليك هو إثارة الموضوع فى نادى الكلية بالقرب من طاولة الفيزيائيين وعليك بعد ذلك تفادى الحطام والأطباق المتطايرة ناهيك عن الألفاظ التى ستعلو المنضدة.

تجمع النظرية الخاصة فكرتين هما: أن سرعة الضوء هى ذاتها (ثابتة) بالنسبة لكل الملاحظين وقوانين الفيزياء هى ذاتها (ثابتة) بالنسبة لكل الملاحظين الذين يتحركون بسرعة ثابتة. وبهذا يتم الإبقاء على تناظر وأناقة الكهرومغناطيسية. لكن عندما تُطبق هذه الأفكار على ميكانيكا نيوتن فإن العالم يتغير. هذه هى النظرية النسبية الخاصة لآينشتاين التى هى ونتائجها الاقتصادية والتكنولوجية والعلمية على مدى من العمق بمدى بساطة العبارة ذاتها.

إن الشىء المذهل فى النظرية النسبية الخاصة هى التطبيقات الهندسية. وعلينا هنا ملاحظة أن الطاقة النووية ذاتها ليست نتيجة للنظرية بل إن هناك عدد هائل من الأجهزة التى تستخدم واحداً أو أكثر من جوانب النظرية. ومثال ذلك أنه عندما تقترب الجسيمات من سرعة الضوء فإن كتلتها تزداد وتعتمد مكبرات تردد الراديو الضخمة كلايسترونات على هذه الفكرة ومعجلات الإلكترونات المستخدمة فى علاج آلاف من حالات السرطان والميكروسكوبات الإلكترونية وأنابيب التلفزيون ذات فرق الجهد العالى والمعالجات الصناعية التى تستخدم للتعقيم والتحكم فى عمليات التصنيع مثل قياس السُمك والأهم من ذلك معجلات الجسيمات عالية الطاقة التى تعمل على تقدم معرفتنا ببنية المادة والطاقة. وهناك ثمة استخدام مطرد الزيادة لأشعة الإلكترونات عالية الطاقة نحو إنتاج "ضوء متزامن" وهو مصدر ثرى لأشعة - x وهو ما يوفر للكيميائيين والبيولوجيين صوراً بيانية ثلاثية الأبعاد لبنية المواد الجديدة والكيماويات الجديدة والبيانات على الدنا والبنى البيولوجية الأخرى. كل هذا أتى به موظف بمكتب التسجيل ذى روية وإرادة فعلى الرغم من أن الإسهامات المتراكمة لهذه الأجهزة من شأنها أن تزيد الناتج القومى بملايين الدولارات فإن كل هذا يغدو بلا أهمية مقارنة بالأثر الثورى

لطفرة آينشتاين المفاهيمية. ويشكل التفسير الجديد للزمن القسم الأكبر من هذه الطفرة وهنا تجدنا نحن أساتذة التخصص وحائزى نوبل هم من يسعهم دون سواهم أن يهزوا برؤوسهم عجبًا عرفانا بالجميل.

عندما يسجل مو، الذى يسافر بسرعة عالية بالنسبة لجو، الظاهرة نفسها التى يسجلها جو فإنه ولاشك ستكون الأرقام مختلفة. ومثال ذلك أن جو يحدد موقع إلكترون مثلاً (أحد مكونات النظام الذى يدرسه) عند الإحداثيات x=6.2 و y= 9.6 و Z= 27.3 (بالوحدات المناسبة ولتكن بالمتر) بينما هو بسرعة $v=9.6X10^8$ (m/s) على محور x أما عندما ينظر مو إلى ذات الإلكترون فإنه سيخرج بأرقام مختلفة لأن له إحداثيات x´ وy´ و z´ مختلفة. وسرعة الإلكترون عند مو ستكون مختلفة. فإذا عينا مواقع وسرعة الإلكترون بالنسبة لجو على أنها x و y و z و v على امتداد x عند الزمن t (عند أخذ القياسات). فهى بالنسبة لمو سوف تكون x´ و y´ و z´ و t´ .

وإحداثيات الإلكترون بالنسبة لجو t,z,y,x لا يجب أن تعتمد قوانين الفيزياء على النظام أو الملاحظ ذلك أنه ليس هناك من سبيل للقول ما إذا كان جو أو مو أو كلاهما يتحركان. بل إن كل ما نعرفه هو سرعتهما النسبية للنظام. وبقليل من الجبر يمكن التوصل إلى العلاقة بين هاتين المجموعتين من الإحداثيات. حتى هذا الحين، ليس هنا ما يضير نيوتن وجميع من تبعوه. ومع ذلك فإن نيوتن كان ليقول على الفور أن t=t´ – أى أن ساعات معمل جو ومو لابد وأن تقرأ وحدات الوقت نفسها. لكن معدل الإبقاء على الوقت فى النسبية الخاصة لن يكون واحداً وسوف تزداد الاختلافات مع اقتراب السرعات النسبية من سرعة الضوء. فالجوانب الغريبة والجديدة للوقت هى خطأ معادلات آينشتاين التى تلوى وتطمر الوقت مع المكان، إلى الدرجة التى تدفع بطالب تحت التخرج إلى اليأس.

أما التنبؤ القائل بأن الساعات المتزامنة عندما يكون جو ومو فى سكون نسبى تتحرك بمعدلات مختلفة عندما يزيد مو من سرعته قد جرى التأكيد عليه بالبرهان خلال السنوات المائة التى مضت على طرح النسبية.

هناك ثمة قصة أخرى حيث استخدمت فى أطروحة الدكتوراه خاصتى سنة ١٩٥٠ (حيث بالكاد يمكن أن يظل الرجل على قيد الحياة....) ساعة طبيعية وهى عبارة عن جسيم مشع يسمى ميون بينما المعجلات تنتج ميونات بسرعات عالية جداً ومع ذلك فإن المرء باستطاعته أن يجد ميونات ساكنة. قست العمر الزمنى المميز لها عن السكون - أى الوقت الذى يستغرقه جزء من الميونات للتحلل. فعندما يتحرك ميون بسرعة تقارب ٩٨٪ من سرعة الضوء فإن عمره يمتد خمسة أضعاف ، أى أنه إذا استطاع السفر بهذه السرعة فإن عمره سيكون أربعمائة عام تقريباً.

بيت القصيد هنا أنه لن يكون واعيا بمدى زيادة العمر حتى يزور صاحبه جو فيجد أنه بينما لم تمر سوى عشر سنوات منذ تركه فإن العمر قد تقدم به خمسون عاماً. ووفقا لساعة مو فإن ساعة جو قد زادت سرعتها خمسة أضعاف ويكافئ هذا بالنسبة لجو أن ساعة مو تبطئ لتسمح له أن يعيش حتى يبلغ أربعمائة عامٍ كما ضبطها جو.

إن هذا التغير العميق فى طبيعة الوقت ليس إلا مثالاً على المعانى الضمنية الفلسفية العميقة لاكتشاف آينشتاين الهام حول الزمان والمكان اللذين يمثلان أعمدة هذا العالم الذى نعيش فيه. وإنى لم يكن بمقدورى التخيل أن هذا الشاب ذا البلوفر الفضفاض غير المهندم، والذى لم يُمنح أى تقدير ممن حوله من لاثنين من طلاب الدراسات العليا ، سوف يكون له من وضوح وصفاء الفكر البشرى ما يكشف عن البساطة والجمال فى عالمنا .

الصحيح والسخيف

تشارلز سيف

تشارلز سيف هو أحد هيئة التحرير لمجلة سينس (العلم)، متخصص فى المقالات الفيزيائية ويحمل درجة الماجستير فى الرياضيات من جامعة ييل وماجستير فى الصحافة من جامعة كولومبيا، وهو مؤلف كتاب "ألفا وأوميجا: بحثا عن بداية ونهاية الكون" و كتاب "صفر: سيرة ذاتية لفكرة خطرة".

"آينشتاين. إنك ولد ذكى، ولد ذكى جداً".

عبارة من المفترض أن أحد مدرسى آينشتاين فى المدرسة التقنية العليا إيدجينويشى قد قالها له. قالها ثم أردف: "لكنك ترتكب خطأ واحداً: إنك لا تدع فرصة لأحد أن يخبرك بما ينبغى أو ما هو الصواب". والحق أنه كان خطأ أحسن إلى آينشتاين وأفاده كثيراً.

لم يستطع آينشتاين يوماً أن يقبل بنظرية على علتها. لم يكن ذلك من طبيعته فهو أستاذ جويتو[1] الفيزياء. فآينشتاين، مسلحاً بالتفكير والتجربة الذهنية – تجربة الفكر – كانت لديه قدرة لا مثيل لها على الإطاحة بأى نظرية باستخدام قدرتها ذاتها ضدها.

---

(١) طريقة فى الدفاع عن النفس بدون أسلحة تطورت فى اليابان والصين يعتمد فيها على الاستفادة من وزن وطول المهاجم.

وكلما كانت النظرية قوية، كلما كانت التجارب الذهنية أكثر دقة وشدة ؛ فلقد استطاع آينشتاين باختزاله لهذه النظريات وتناوله المستخف لهذه النظريات أن يكشف عن التناقضات الموجودة فى الصورة السائدة للكون.

لقد بدأ آينشتاين فى الاشتباك والتضارب مبكرًا. فعندما كان آينشتاين فى الخامسة، حضرت امرأة إلى المنزل فى ميونيخ لتكون مربيته الخاصة، حيث غالبًا ما كانت تنتهى الدروس بأن يلقى آينشتاين بالكرسى فى وجه المعلمة عاثرة الحظ. ولقد أقر أحد أساتذة آينشتاين أن سلوكه أثار ارتباكه وقلقه. فوفقًا لكاتب سيرة آينشتاين إبراهام بى، فإن المعلم اشتكى أن "آينشتاين كان يذهب ليجلس فى الصف الأخير ويرسم على وجهه ابتسامة ذات معنى ليأتى بها تمامًا على إحساس الاحترام الذى يحتاجه المعلم من الفصل.

إن لامبالاة آينشتاين الظاهرة لم تكن لتقربه ممن يكبرونه أو تحببهم فيه. فلاشك أن السبب الذى دفع بآينشتاين الشاب نحو العمل بوظيفة متواضعة بمكتب التسجيل هو ما سبق ذكره عن سلوكه مع معلمه من ETH هنريك فيبر الذى ساعد جميع طلاب المتخرجين فى قسم الفيزياء لكنه ترك آينشتاين وحيدًا ليبحث لنفسه عن عمل. لكن تظل مساءلة آينشتاين للسلطة هى ما قاده إلى تجاربه الذهنية التى أحدثت ثورة الفيزياء.

لقد بدأ الأمر قبل أن يبدأ دراسته المتخصصة فى الفيزياء، وهو ما سيقوده إلى أعظم إنجازاته. فلقد تخيل ، وهو مازال فى سن المراهقة، ماذا يحدث إذا استطاع المرء السفر بسرعة تقترب من سرعة الضوء: كيف سيستقبل المرء الكون؟ ولقد كشف خيال آينشتاين هذا عن سقطة كبرى فى قوانين الفيزياء النيوتنية على الرغم من أنه لم يدرك ذلك فى حينها.

فمنذ القرن السابع عشر، أدرك الفيزيائيون أن الضوء يسافر بسرعة متناهية. لكن عالم الفلك الدنماركى أول رومر أدرك أن ملاحظاته وحساباته بشأن أيو، أحد أقمار كوكب المشترى. غريبة إلى حد ما ذلك أن القمر دائمًا ما كان يظهر فى غير

الموضع المتوقع. وعلاوة على ذلك فإن هذا الاختلاف بين مواضع الأقمار فى التلسكوب ومواضعها المتوقعة على الحسابات تعتمد على مدى قرب المشترى من الأرض. فأدرك رومر أن هذا التفاوت يعود فى الأساس إلى سرعة الضوء المتناهية - أى أن مضى الضوء من أقمار المشترى حتى يصل إلى الأرض ثم يصطدم بعدسة التلسكوب يأخذ بعض الوقت. وبينما يتحرك كوكبا الأرض والمشترى فى مداريهما فإنهما يقتربان ويبتعدان ويقتربان ثانية وهكذا، ولهذا فإن الوقت الذى يحتاجه الضوء ليقطع المسافة الفاصلة بينهما يزداد تارة ويقل أخرى. فالأمر كما لو أن أحدهم يعبث بساعتك فيسرع دورانها هنية ويبطئها أخرى، وهو ما يجعل أقمار المشترى تبدو فى غير موضعها.

لقد أدرك آينشتاين وهو مازال مراهقاً صغيراً أن الضوء يتحرك بسرعة متناهية. لكنه أدرك أن هناك شيئاً غريباً يحدث إذا ما انطلقت بسرعة تقارب سرعة الضوء. فلقد تخيل آينشتاين فى هذه التجربة الذهنية أنه يمضى مبتعداً عن الأرض بسرعة تقارب الضوء مخلفاً ألمانيا الوطن وراءه ثم نظر وراءه على الكوب المتضائل ليحدد تكتكات ساعة. وعندها أدرك أنه وضع يديه على مشكلة كبرى ذلك أن الأمر يسير على النحو التالى.

إذا كان آينشتاين ساكن الموضع، فإن تكة الساعة ستبقى على حالها. فمع كل حركة لعقرب الثوانى يكون قد انقضت ثانية. لكنه إذا كان يسير بسرعة تقارب سرعة الضوء فإن الأمر لن يكون كذلك. فنظراً لأنه يتحرك بسرعة مبتعداً أكثر فأكثر عن الأرض، فإن الضوء الذى يصله من الساعة سوف يستغرق المزيد من الوقت. بل سيصله الضوء - الذى يحمل صورة وجه الساعة وتكة العقرب - متأخراً. وسيبدو أن الساعة تتحرك ببطء حيث ستستغرق كل ثانية مقدار ثانيتين أو ثلاثة أو عشرة وفقاً لسرعته التى يتحرك بها مبتعداً. أما إذا وصل بالفعل لسرعة الضوء فإن الأمر سيبدو كما لو كانت عقارب الساعة قد توقفت عن الحركة نهائياً. فما يصله هو صورة الساعة عند لحظة معينة، أما صورتها بعدها فستظل دائماً وراءه بمقدار ٢٩٩٧٩٢٤٥٨ متراً ولن يسقط على شبكيته أبداً . ووفقاً لرؤية آينشتاين سيكون الأمر كما لو أن كل

ساعات الأرض قد توقفت، وكما لو أن الناس قد تجمدت دونما حــراك فى موضعها، وكمـا لو أن الطيـور توقـفت فى وسط السمـاء وجـمـدت حـركـة الأسـمـاك فى غـيـاهب الأعماق. بدا هـذا سـخـيفـاً لكنها كانت نتـيجة قوانين نيـوتن للحركة وسـرعة الضوء المتناهية. فإذا قبلت بكليهما، فإنه سيتعين عليك الموافقة على أن الساعة تبدو جامدة دونما حراك إذا تمكنت من الحــركة مبتعـداً عنها بسرعة الضــوء. إنه لأمر مثير لكنه لا يأتى على الأرض مع ذلك.

بعد سنوات قلائل، وضع آينشتاين مبدأين فيزيائيين كلاسيكيين فى مواجهة بعضهما البعض خلال تجربة ذهنية أكثر عمقاً وإحكاماً موضحـاً أنه يتعين إقصاء نيوتن. كتب أينتشين "لنفرض أن ضـوءاً اصطدم بجسر شريط حديدى لقطار فى موضعين أ وب بعيدين عن بعضـهما البعض. "إننا هنا لسنا بصدد آينشتاين المراهق الذى يبتعد عن الأرض بسرعة الضوء، بل هو فيزيائى ناضج صقلته الخبرة والممارسة يستقل القطار بينما اصطدم الضوء بالقضبان فجأة أمام وخلف القطار. فإذا كان هناك راصد ساكن فى وسط المسافة بين الموضعين فإنه ليقول إن الضوءين متزامنان؛ أى أن حزمتى الضوء اصطدمتا بالقضبان فى اللحظة نفسها. وآينشتاين فى قاطرته المتوقفة فى وسط المسافة سوف يتفق مع ذلك – أى أنـهما متزامنان. لكن آينشتاين جعل تجربته الذهنية فى حالة الحركة. فإذا كانت الحزمتان قد وصلتا القضبان بينما آينشتاين فى القاطرة متحركة بسرعة من أ إلى ب فإنه سوف يرى الضوء يصل ب قبل أ. فكما أن التحرك مبتعداً عن ساعة يجعلها تبدو كأنما تسير ببطء فإن التحرك مبتعداً عن حزمة الضـوء عند أ يطيل الزمن المطلوب حتى تصل شبكية عينك. وهنا سيبدو أن الضوء يصل أ بعد ب؛ لذا فإن آينشـتـاين على مـتن القطـار سيقول إن الحادثتين ليسـا متزامنين. وبشكل معاكس فإنه إذا كان القطار يتحرك فى الاتجاه المضاد من ب نحو أ فإن آينشـتـاين سـوى يرى حـزمـة أ قـبل ب. لذا فـإن شـعـاعى الضــوء لن يكونا متزامنين ثانية.

لقد وضع الفيزيائيون الكلاسيكيون مجموعة من القواعد التى تنبأت بكيفية تحرك الأشياء. وتبعت القطارات هذه القوانين. وكذلك الساعات. لكن عندما رتب آينشتاين

هذه الأشياء في ترتيبات مختلفة وحلل ماذا سيحدث فى كل حالة، فإنه أوضح أن شيئًا غريبًا جدًا سوف يحدث. ففى حال كان هناك ثلاثة ملاحظين للحدث، فإن كلاً منهم سوف يتلقى ويستوعب تدفق الزمن بشكل مختلف. فأحدهم سوف يظن أن حزمتى الضوء تصلان القضبان متزامنتين، وأحدهم يرى أن الحزمة أ تصطدم بالقضبان قبل ب. والثالث يعتقد أن الحزمة ب سوف تصطدم قبل أ. ثلاثة ملاحظين مختلفين رأوا ثلاثة أمور مختلفة، فماذا يعنى ذلك؟

أدرك آينشتاين أن هذا يعنى أن مفهوم التزامن قد هوى. فلقد أظهرت تجربته الذهنية أن ترتيب الأحداث يكون قابلاً للتبادل فى خلال قيودًا معينة: فعندما تغير حركتك فى المكان، فإنك تغير أيضًا استيعابك للزمن. أى أن آينشتاين أوضح، وباستخدام الآليات النيوتونية ذاتها، أن الاعتقاد النيوتونى العتيق فى الترتيب المطلق للأحداث قد تهاوى.

لقد استطاع آينشتاين بعدد قليل من هذه التجارب الذهنية كشف النقاب عن عدد من الافتراضات الضمنية ملؤها الخطأ فى فيزياء نيوتن. فنيوتن افترض أن الزمن مطلق وأن كل تكة من الساعة سوف تظل هى ذاتها، بغض النظر عن حركة الملاحظ. أما تجربة آينشتاين فأوضحت أن الزمن ليس مطلقًا بل إن حركتك فى الزمن تعتمد على حركتك فى المكان. وافترض نيوتن أن الطول مطلق، أن المتر هو متر. لكن تجارب آينشتاين الذهنية أوضحت أن الطول، وعلى منوال الزمن، يعتمد على الإطار المرجعى ذلك أن ملاحظين يتحركان فى اتجاهات مختلفة ليختلفا حول طول الجسم. ولقد اعتقد الفيزيائيون أنه ليس هناك حد لسرعة الجسم فى الكون ؛ وبزيادة تطبيق الطاقة سوف يمضى الجسم فى زيادة السرعة دونما حد. ومع ذلك فإن تجارب آينشتاين الذهنية أظهرت أن الضوء هو أسرع السرعات الممكنة التى يمكن لأى جسم (عادى) فى الكون بلوغها. ثم جاء فى مرحلة لاحقة من حياته العلمية بتجربة ذهنية تشمل مصعدًا هابطًا حملت ضمنيًا أن الجاذبية سوف تحنى مسار الضوء كما تحنى الجاذبية مسار الكرة، على عكس ما افترضه الفيزيائيون الكلاسيكيون.

إن تجارب أينشتاين الذهنية حاربت النظرية الكلاسيكية بذاتها. فالقوانين الكلاسيكية كانت ذات سلطان بالغ؛ ذلك أنها قدمت تنبؤات دقيقة حول حركة الأجسام وسلوكها. لكن تجارب أينشتاين أدارت سلاحها إلى نحرها. فإذا اتبع الضوء مبادئ نيوتن وماكسويل، فإنه لا بد من استبعاد مفهوم التزامن وفكرة الطول والزمن المطلقين، وإلا فإن النظرية سوف تذهب في مستنقع التناقض. لقد كانت حجة منطقية محكمة. فإذا كانت الفيزياء الكلاسيكية سليمة فإن بعض افتراضات الفيزياء الكلاسيكية لابد وأن تسقط. لم يكن هناك من مهرب.

لكن حتى أينشتاين، أستاذ التجارب الذهنية الأول وبراهين الاختزال للخلف بلا منازع، يمكن أن ينهزم. فلقد حاول في إحدى تجاربه أن يدمر نظرية الكم، ثاني أكبر ثورة علمية في القرن العشرين، فحشد كافة ترسانته الفكرية ضدها لكنه أخفق. (لكن المفارقة الساخرة، أن أينشتاين ذاته هو من ساعد في الإتيان بهذه النظرية إلى الوجود خلال ورقة ١٩٠٥ التي شرح فيها التأثير الكهروضوئي خلال أجسام الضوء الكمية). بل أسقطت نظرية الكم أينشتاين. لقد رأى أستاذ المصارعة الفيزيائية ما يبدو كسقطة في النظرية واستخدم القوى الرياضية للنظرية ضد ذاتها، ومع ذلك فإن ميكانيكا الكم صمدت حتى النهاية.

بحلول منتصف عشرينيات القرن العشرين، صار أينشتاين غير راض نهائيًا عن المعاني الضمنية للنظرية الجديدة. فعلى الرغم من أن ميكانيكا الكم وصفت سلوك المملكة الميكروسكوبية بدقة لا يمكن تصديقها، فإن هذه العشوائية التي تمثل جزءًا أصيلاً منها أثارت كل اشمئزاز لدى أينشتاين، الذي كان مقتنعًا أن القانون الطبيعي لابد أن يكون جميلاً حتميًا لا عشوائيًا. وهاهو أينشتاين يكتب إلى ماكس بورن عام ١٩٢٦: "إن ميكانيكا الكم تفرض نفسها ولاشك لكن صوتًا داخليًا يخبرني أنها ليست بحقيقة الأمر. صحيح أن النظرية تقدم الكثير لكنها لا تقربنا قيد أنملة إلى السر الحقيقي. إنني لمقتنع، بكافة الأوجه، أن الرب لا يلعب النرد". لذا فكر أينشتاين في الإجهاز على نظرية الكم بسلاحه المعتاد.

جاء عام ١٩٣٥ ليقدم أينشتاين وزميلاه ناثان روسن وبوريس بودلوسكي تجربة ذهنية واجهت ميكانيكا الكم بذاتها. فلقد استخدمت هذه التجربة واحدًا من المبادئ

الناتجة عن الصورية الرياضية لنظرية الكم، وهو مبدأ عدم التيقن لهيزنبرج، لكى تطرح ما يبدو تناقضاً.

ينص مبدأ عدم التيقن لهيزنبرج على استحالة معرفة أزواج معينة من الخصائص المعينة لجسيم فى ذات الوقت. ومثال ذلك أنه إذا عرفت موضع جسيم بدقة فإنك لا تعرف شيئاً عن سرعة تحركه - والعكس صحيح. فموضع الجسيم وسرعته (أو طاقته الحركة لمزيد من الدقة) هى خصائص تكاملية ؛ فإذا حصلت على معلومات حول واحدٍ من هذه الخصائص فإنك تفقد معلومات عن الآخر. وهذا قول فصل فى نظرية الكم، وهو نتيجة مباشرة لرياضيات ميكانيكا الكم. ويظهر الأمر فى ميكانيكا الكم على النحو الآتى، قس موضع جسيم بدقة كبيرة، ولسوف تجد أن سرعته قد تُطمس جداً تأخذ مدى جديداً من القيم أوسع عن ذى قبل.

تدور تجربتهم الذهنية حول جسيمات تتحلل إلى جزأين يتباعدان فى اتجاهين بسرعة واحدة. فكلا الجزأين ليس لهما من هويات منفصلة، ذلك أنهما يتحركان مبتعدين بسرعات متساوية ومضادة، فإذ قست سرعة أحدهما تعرف سرعة الآخر. وعلى الغرار نفسه فإذا قست موضع أحدهما فإنك تعرف الآخر. ويسمى الجزأين، بحسب مصطلحات ميكانيكا الكم، "متشابكين".

ينتظر آينشتاين، فى هذه التجربة الذهنية، حتى يبتعد الجزأين مسافة كبيرة جداً عن أحدهما الآخر. لذا فإن ملاحظين - واحداً لكل جزء - يقيسان الجسيمين بطرق مختلفة. فالملاحظ الأول يقيس موضع الجسيم الأول والملاحظ الثانى يقيس سرعة الجسيم الثانى. فإذا قاس الملاحظ الأول موضع الجسيم بدقة تامة فإنه يفقد كافة المعلومات حول سرعة تحرك الجسيم وفقاً لمبدأ اللأيقين لهيزنبرج. والوضع حتى الآن جيد بلا مشاكل. فالملاحظ الأول تتوفر لديه معلومات تامة حول موضع جسيمه وهو ما يقدم لنا معلومات تامة حول موضع الجسيم الثانى (نظراً لأن الجسمين متشابكان). وعلى الغرار نفسه فإن ملاحظة الملاحظ الثانى تكشف بدقة سرعة كلا الجسمين الأول والثانى. لذا فإنه بتشارك الملاحظين لما لديهم يكون معهم معرفة تامة حول مواضع وسرعات الجسيمات فى ذات اللحظة - مسقطين بذلك مبدأ عدم التيقن لهيزنبرج.

لم يكن هناك سوى سبيل واحد للخروج من هذا التناقض. إذا أحس الجسيم الثانى بشكل ما بالقياس، بينما يقيس الملاحظ الأول موضع جسيمه، فإنه يطمس سرعته رداً على ذلك وهكذا لن يتمكن الملاحظ الثانى من قياس سرعته بأى دقة . وبتشارك ما لديهما فإن كلا الملاحظين سوف يعرف بدقة موضع جسيمه عند لحظة ما لكن أى منهما لن يكون لديه أى فكرة عن سرعة هذه الجزئيات. إذن سوف يصمد مبدأ هيزنبرج لكن بثمن فادح. فإنه لمن لغو الحديث أن يشعر جسيمين بالقياس خلال هذه المسافة البعيدة . فكيف يمكن لجسيم منطلق حول مجرة أندروميدا أن يستجيب لحظياً إلى ملاحظة العلماء لتوأمه على الأرض. استنتج أينشتاين أن ذلك لا يحدث؛ بل هو أمر غير ذى معنى. لكنه حقيقى ويحدث.

يعمل العلماء منذ منتصف سبعينيات القرن العشرين على قياس هذه الحدث الشبحى فى المعمل. إنهم يراقبون ما إذا كان جسيم متشابك يحس قياس توأمه على بعد كيلومترات. ودراسة أدق لخصائص التشابك توضح أنه لا يسعك نقل المعلومات أسرع من الضوء خلال هذا الحدث الشبكى، لذا فإن الظاهرة لا تنتهك مبادئ النسبية، كل ما تقوم به هو منافاة البديهة. وهذه ليست سقطة مميتة لنظرية فيزيائية. فتجربة آينشتاين الذهنية لم تكشف النقاب عن سقطة قاتلة فى نظرية الكم: فالنظرية ظلت متسقة على الرغم من نتيجة التجربة الذهنية التى قد تبدو لغواً أو سفسطة. فكما اتضح قد يكون ما لا معنى له صائباً.

حتى فى انهزامه فإن آينشتاين وقف على مبدأ فيزيائى هام فلقد اكتشف نتيجة مضادة للبديهة لنظرية الكم التى تمثل اليوم قاسماً رئيساً من فهم ألغاز العالم تحت الذرى. فالميكانزم الدقيق الذى تتآمر به الجسيمات المتشابكة معاً لا يزال غير مفهوم حتى الآن، ومع ذلك فإن كثيراً من الفيزيائيين يعتقدون أنهم بدءوا فى طرد الشبحية عن الحدث. والحجة الوحيدة التى بمقدورها حجج برهان الاختزال بالخلف هو أن ما هو مناف للعقل يكون أحياناً صحيحاً .

ألبرت آينشتاين رجعًى علميًا

فرانك ج تيبلر

فرانك ج تيبلر هو أستاذ الفيزياء الرياضية بجامعة طولون وهو مؤلف "فيزياء الخلود" والذى فيه يشرح نظريته لنقطة أوميجا لعلم الآخرة الفيزيائية eschatology physical وشارك مع جون د بارو فى كتاب "المبدأ الكونى البشرى".

بحكم نشأتى طفلاً فى ريف ألاباما، فإنى لم أعرف سوى عالمين اثنين، هما: ألبرت آينشتاين وفيرنر فون براون اللذين كليهما أمريكيين مهاجرين من ألمانيا. أولهما يهودى وثانيهما ضابط فى قوات العاصفة الخاصة. لكن صحافة ألاباما لم تأت على ذكر أى من سياسات العالمين أو خلفيتهم الإثنية. بل اقتصر الأمر على عملهما - النسبية وعلم الصواريخ. واستقطب فون براون اهتمامًا أكبر وحاز مساحة أوسع على صفحات جرائد الولاية لأنه ابن الولاية حيث استقر فى هوستفيل كرئيس لفريق تطوير الجيش الأمريكى فى ترسانة ردستون. ومع أن ألاباما لم تكن مشهورة بعلمائها فإن التقارير الصحفية حول أعمال فون براون دفعتنى أن أقرر - وأنا فى الخامسة من عمرى - أن أصبح عالم مركبات فضاء وأحد مطوريها. عندها أرسلت خطابًا إلى فون براون وأنا فى السابعة من العمر أعبر فيه عن إعجابى به وجاءنى الرد منه فى شكل صورة شخصية له (أرسلها مكتبه على الأرجح حيث لم يكن ليشغل نفسه يومًا بخطابات الأطفال) فوضعتها فى إطار فضى أهدتنى إياه جدتى ووضعتها بالقرب من سريرى.

كنت أصنع نماذج لمحطات فون براون الفضائية والصواريخ المدارية متعددة المراحل والصواريخ التى تدور حول القمر وأعلقها فى سقف غرفتى. ولقد كانت هذه النماذج متوافرة للغاية فى عقد الخمسينيات من القرن العشرين، ذلك أن والت ديزنى قد صمم عدداً من حلقات "أرض الغد "فى برنامج تلفزيونى أسبوعى حول أفكار براون. ثم نظمت نادياً للفلك نناقش فيه هذه الأفكار واتجهت إلى كتب الفيزياء التمهيدية، فلما وجدت من العسير فهمها (وهو سرعان ما حدث) بدأت أتحول إلى كتب الخيال العلمى التى كانت فى الغالب قصص رحلات فضاء بين الكواكب باستخدام صواريخ كيمائية مثل "توم سويفت وسفينته الصاروخية" بينما كان عدد قليل من هذه الكتب حول السفر إلى النجوم لذا سرعان ما صار هدفى أن أكون براون آخر، وبينما أتقن براون السفر بين الكواكب فأنا سأكرس كامل حياتى لإجادة صنع مركبات مأهولة للسفر بين النجوم.

مرت الأيام والتحقت بالمدرسة الثانوية حيث قرأت قصة روبرت هينلاين "أزمان النجوم" وعندها أدركت أن النظرية النسبية هى العائق الأساسى أمام السفر بين النجوم، حيث أكدت القصة على تقيد سرعة الضوء وأنه ليس هناك من شىء بمقدوره السفر أسرع من الضوء. كان الحل أمام هيلين هو أن يفترض ببساطة أن فيزيائيى المستقبل سوف يتوصلون إلى نظرية تحل محل النظرية النسبية، أى التوصل إلى نظرية يمكن وفقاً لها تجاوز سرعة الضوء. ومن ناحية ما يبدو هذا أمراً مقبولاً، فلقد حلت النسبية محل نظرية نيوتن، فلماذا لا تأتى نظرية البروفيسور س مثلاً لتحل بدورها محل هذه النظرية، والحق أنى لآمل من أعماق قلبى أن تكون هذه النظرية المنتظرة نظرية تيبلر.

كنت قد تعلمت من كتب هينلاين أن معهد MIT هو أفضل مكان تذهب إليه إذا أردت تعلم الفيزياء. كان من الواضح أن تجاوز حاجز سرعة الضوء يتطلب منى الحصول على أفضل تعليم فى الفيزياء: لذا تقدمت للالتحاق بالمعهد وتم قبولى، وهو ما يرجع إلى أننى من ألاباما لا إلى صفاتى أو مميزاتى. فقلة قليلة من الطلبة الجنوبيين

يتقدمون إلى المعهد بينما مسئولو مكتب القبول أرادوا عدداً من الطلبة من خارج الشمال الشرقى.

كان MIT بالنسبة لى طفرة كبرى، حيث لم ينته الأمر على تعلم رياضيات الفيزياء، بل وقفت على كم هائل من الأدلة التجريبية على النسبية، خاصة الأدلة التى تدعم مسألة حاجز سرعة الضوء. كنت على وشك أن يتملكنى الإحباط واليأس والتخلى عن حلمى برحلة بين النجوم، إلا أن زميلاً فيزيائيًا فى السنة الثانية وجهنى إلى ورقة بحثية قدمها عالم المنطق كرت جودل الذى كان صديقًا مقربًا من آينشتاين بمعهد الدراسات المتقدمة ببرنستون.

كانت ورقة جودل بشارة وفتح حيث طرحت وسيلة لتجاوز حد سرعة الضوء خلال نظرية النسبية ذاتها ؛ أى أنه يمكن استخدام النسبية ذاتها لتجاوز النسبية. فلقد توصل جودل إلى حل جديد لمعادلات آينشتاين – والحديث هنا عن كون دوار. فلقد بين أنه من الممكن فى مثل هذا الكون الدوار السفر خلال صاروخ يجتاز مسارًا معينًا فى ممر مغلق فى الزمن، ويعنى هذا أن بمقدور المرء السفر إلى نجم بعيد فى مرحلة تستغرق آلاف السنين ثم يعود إلى الأرض خلال مسار جودل. والحق أنه على الرغم من أن "أسرع من الضوء" كان خيارًا متاحًا فى كون جودل فإن مركبة بين النجوم لن تتجاوز قط سرعة الضوء، وبهذا لم يُكسر حاجز الضوء قط. لكن لم تمر فترة وجيزة على معرفتى بورقة جودل حتى وقفت على ورقة كتبها آينشتاين حول كون جودل الدوار مفادها أن آينشتاين اعتقد أن رياضيات جودل معصومة من الخطأ لدرجة أنه تساءل عن هذه الاحتمالية التى أثارها جودل عندما كان يعمل على النظرية النسبية العامة، وأن مسألة احتمالية وجود هذا الكون الدوار هو أمر لا يبت فيه سوى التجربة.

لم أفهم ورقة جودل بشكل عميق وأنا مازلت فى عامى الثانى، لكن فهمت بالدرجة التى جعلتنى أتيقن أنه ليس بمقدورى تحقيق حلمى بالسفر بين الكواكب إلا أن أكون خبيراً بالنسبية العامة وأدركت أيضاً أن السبيل نحو إنجاز عظيم فى العلوم هو أن يكون المرء محافظًا حيث إن ثورات الفيزياء لم تأت من محاولة مسبقة للإطاحة بقوانين

الفيزياء المعروفة آنذاك، بل نابعة من التفكير العميق حول المعانى الضمنية لقوانين الفيزياء. لذا كرست حياتى لتقصى المعانى الضمنية لفكرة جودل. فلقد جرى ربط تأثير "الأسرع من الضوء" بالتدوير فى النسبية العامة. وبالطبع لا يسعنا البدء فى تدوير الكون ما لم يكن يدور بالفعل. لكننى أتساءل أيضًا إذا كان لجسيم صغير التأثير نفسه هو الآخر. ثم نشر ستيفن هوكينج وروجر بنروز - بينما كنت فى عامى الرابع بمعهد MIT - فرضيات التفرد ثم إثبات هذه الفرضيات خلال وسائل وأساليب مصممة لتحليل الخصائص الغريبة للوقت فى كون جودل. عندها عرفت أنه يتوجب عليَّ إتقان هذه الأساليب ولذا توجهت إلى دراسة نظرية النسبية العامة لأينشتاين.

بدأت أيضًا دراسة نهج آينشتاين فى التعامل مع الفيزياء، أى إستراتيجية البحث خاصته. فلقد كان لديَّ تساؤل خاص حول ماذا قاد آينشتاين نحو الخروج بالنسبية الخاصة. وتوصلت إلى الجواب فى "ملاحظات سيرة ذاتية خاصته "حيث كتب آينشتاين أنه أدرك، وهو فى السادسة عشر من العمر! أن هناك عدم اتساق بين نظريتين رئيستين من نظريات القرن التاسع عشر، وهما: نظرية جيمس كلارك ماكسويل للإشعاع الكهرومغناطيسى ونظرية ميكانيكا الجسيمات لإسحاق نيوتن. فوفقًا لنظرية ماكسويل فإن الضوء هو شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسى، وشكل من أشكال حركة الموجة. ولعل موجات البحر، فى اقترابها من الشاطئ، هى أكثر أشكال حركة الموجة شبهًا. ووفقًا لميكانيكا نيوتن، فإنه من الممكن التحرك بأى سرعة، لذا فإن آينشتاين تخيل نفسه يتحرك بسرعة الضوء على امتداد موجة الضوء. فالزلاجات تتحرك بسرعة موجات الماء؛ لذا فإنه من المعقول تخيل مثل هذه الحالة. فإذا كانت الزلاجة أعلى قمة الموجة تتحرك بذات سرعتها فإن الموجة تبدو ساكنة: لذا اعتقد آينشتاين أنه إذا تحرك بحذاء موجة الضوء بسرعة الموجة فإن الموجة ستبدو ساكنة بالنسبة له تمامًا كما تبدو موجات البحر ساكنة بالنسبة للزلاجات. ويعنى هذا رياضيًا أنه يجب أن يكون هناك حل لمعادلات ماكسويل يصف هذه الموجة الساكنة (فهناك حلول لمعادلات موجات الماء بالنسبة لموجة الزلاجة الساكنة).

لكن، وكما أدرك آينشتاين ، فإنه ليس هناك حلول ساكنة لمعادلات ماكسويل. وصاغ آينشتاين الأمر فى السيرة الذاتية "يجب على مشاهدة شعاع الضوء هذا على أنه المجال الكهرومغناطيسى المتذبذب مكانياً وساكن. ومع ذلك يبدو أنه ليس هناك من شىء كهذا سواء استنادا إلى التجارب أو وفقاً لمعادلات ماكسويل "بل بدا أن هذه المعادلات ذاتها تقول إنه من المستحيل الحركة بسرعة الضوء. ونظراً لأن ميكانيكا نيوتن تقول بأنه يمكن التحرك بمثل هذه السرعة، فإن آينشتاين وقف على تعارض رئيس بين نظريتى عصره. وهنا إما أن تكون نظرية ماكسويل أو نظرية نيوتن خاطئة أو كلاهما خاطئتين. وبهذا يتعين تعديل واحدة منهما على الأقل.

تغلب آينشتاين على عدم الاتساق هذا عام ١٩٠٥م حيث كان فى السادسة والعشرين من العمر. وأشار آينشتاين فيما بعد إلى أن فكرة الزمان المطلق عند نيوتن هى موضع الشك فعكف ستة أسابيع تمكن خلالها من تعديل ميكانيكا نيوتن لتصبح متسقة مع معادلات ماكسويل. ونظراً للمعانى الضمنية الثورية التى حملتها ميكانيكا آينشتاين - والتى أكثرها شيوعاً $E=mc^2$ فإنه عادة لا يدرك كيف كانت تجديدات آينشتاين محافظة إلى أبعد حد - فلقد كانت الحد الأدنى من التعديلات التى يمكن إدخالها على فيزياء عصره. فمعادلات ماكسويل حوت سرعة رئيسة - هى سرعة الضوء - قامت عليها هذه المعادلات بشكل جوهرى. لذا فإن إزالة هذه السرعة سوف تتطلب إعادة العمل بشكل جوهرى على هذه المعادلات. وبالمقارنة فإن إدخال تغيير على معادلات ميكانيكا آينشتاين لتشمل حد سرعة، باستخدام إشارات الضوء لوضع إحداثيات قياسات الزمن للساعات المنفصلة (فكرة التقطها آينشتاين من عمله بمكتب التسجيل السويسرى). أما تغيير معادلات ماكسويل لتصبح متسقة مع ميكانيكا نيوتن سوف يدمر توافقها مع نتائج التجارب، بينما التغييرات التى تم إدخالها على معادلات آينشتاين فسوف لا تظهر نتائجها سوى عند سرعات يمكن مقارنتها بسرعة الضوء. لذا فإن إدخال سرعة الضوء فى ميكانيكا الجزئيات لا يتطلب فحصاً مفصلاً لتجارب لم يقم آينشتاين بأى منها. وورقته التى تصف النسبية لا تحمل أى إشارة إلى أى مراجع. فالأمر لا يحتاج لذلك مع هذه التغيرات الضئيلة على معادلات الفيزياء.

ما أن أرسى آينشتاين حد سرعة رئيس فى ميكانيكا الجزئيات، وهو سرعة الضوء، كان من الواضح أن نظرية الجاذبية عند نيوتن سوف تحتاج إلى تعديل هى الأخرى، ذلك أن هذه النظرية قامت على أساس السفر بسرعات غير متناهية. وليس هناك حد سرعة فى قانون جاذبية نيوتن ذلك أن تأثير جاذبية صخرة متحركة على الأرض، ومن حيث المبدأ، سوف يستشعر به فى كل مكان فى الكون آنيًا. وبحلول عام ١٩١٧م تمكن آينشتاين فى الخروج بنظرية جديدة للجاذبية – وهى المعادلات التى كرست لها كامل حياتى. ودائمًا ما ينظر إلى نظريته عن الجاذبية – التى عادة ما يطلق عليها النسبية العامة – بوصفها طريقة ثورية فى التفكير، إذ إن الجاذبية وفقًا لنيوتن هى قوة، بينما الجاذبية فى نظرية آينشتاين هى تحدب الزمان والمكان. لكن النسبية العامة هى الأخرى كانت تعديلاً متحفظًا جدًا على نظرية نيوتن للجاذبية. بل إن عالم الرياضيات الفرنسى العظيم إلى كارتان سيثبت فى عشرينيات القرن العشرين أن الجاذبية النيوتنية ليست قوى فعليًا بل هى تحدب فى الزمان. وينبع هذا من حقيقة أن قوة الجاذبية المؤثرة على جسيم تتناسب مع كتلة هذا الجسيم ، ويعنى هذا بدوره أن المسار الذى سيتبعه جسيم فى مجال الجاذبية لا يعتمد على كتلة هذا الجسيم حيث إن الكتلة تبطل طرفى قانون نيوتن الثانى للحركة F=ma. هذا الإبطال يعنى أن بمقدور المرء معاملة مسار جسيم على أنه يتبع تحدب الزمان أو المكان تمامًا مثلما تسير الشاحنات والسيارات بحسب منحنى الطرق السريعة. فالمسار الذى تتبعه هذه السيارات والشاحنات والدراجات لا تعتمد على ثقل المركبات؛ لذا أوضح كارتان أنه لا يمكن الحصول على معادلة نيوتن للخروج بمجالات الجاذبية سوى فى حالة تحدب الزمن. لكن لماذا ينبغى أن يقف التحدب على الزمن فقط؟ هنا جاءت نظرية آينشتاين للجاذبية فأتاحت تحدب الزمان والمكان وأوضح أن تحدبهما مرتبطان معًا. فماذا سيكون أكثر طبيعية من ذلك؟

إن معظم الفيزيائيين اليوم يرون نظرية آينشتاين النسبية لا على أنها نظرية ثورية بل بوصفها تتمة للفيزياء الكلاسيكية. ولقد وافق أبراهام بى، أشهر وأدق كاتبى سيرة آينشتاين، لكنه مع ذلك أصر على أن ابتكار آينشتاين لميكانيكا الكم فى ورقة ١٩٠٥م حول التأثير الكهروضوئى تظل ورقة ثورية بمعنى الكلمة.

لكننى أختلف مع ذلك. إن خروج أينشتاين بميكانيكا الكم كان تجديداً متحفظًا هو الآخر - متحفظ بحسب المعنى التقليدى للإبقاء على بنية فيزياء نيوتن الكلاسيكية. بدأ أينشتاين ورقته حول التأثير الكهروضوئى خلال تحليل صيغة توزيع الطاقة للضوء داخل وعاء أسود عند درجة حرارة معينة ثابتة. هذه الصيغة التى توصل إليها ماكس بلانك قبل خمس سنوات وأوضح أن صيغة بلانك تشمل عدداً هائلاً من التوازيات مع توزيع الطاقة لجزئيات الهواء التى تتحرك فى جميع الاتجاهات داخل وعاء مماثل عند درجة حرارة بعينها، وهى أيضاً صيغة كان قد توصل إليها لودفج بولتزمان منذ عشرين عامًا خلت. كانت الصيغتين متماثلتين جداً حتى إن آينشتاين استنتج أن الضوء يتكون من جسيمات متناهية الصغر التى سيطلق عليها فيما بعد كمات الضوء، فيما يبدو يماثل فيض الضوء المستمر. واختتم أينشتاين ورقته بالإشارة إلى أنه إذا كان الضوء مكونًا من جسيمات فإن الضوء فوق البنفسجى يصطدم بسطح معدنى سوف يزيح الإلكترونات تمامًا كما بمقدور عصا البلياردو إزاحة كرة واحدة من كرات البلياردو من مجموعة متراصة من كرات البلياردو. أضف إلى ذلك أن أقصى طاقة لكرة البلياردو التى تترك مجموعة الكرات تتوقف على طاقة الكرة التى تصطدم بها مجموعات الكرات. ويطلق على الإلكترون المزاح بهذه الطريقة من سطح فلزى اسم فوتو إلكترون (حيث تعنى"فوتو" "ضوئى") وتسمى العلاقة بين طاقات الفوتون والإلكترون المنبعث بهذه الطريقة بالمعادلة الكهروضوئية. وهذه المعادلة هى التى تسببت فى فوز آينشتاين بجائزة نوبل.

شاع أن آينشتاين كتب خطابًا إلى أحد أصدقائه قال فيه عن هذه الورقة حول التأثير الكهروضوئى بأنها "ثورية جداً "لكنى لاحظت أنه لم يطلع أحد من مؤرخى سيرة حياة الرجل على هذا الخطاب بل تجدهم جميعًا يستعينون بالمصدر الثانى وإنى لأشك أن يكون هذا رأى آينشتاين . بل إنها فى الواقع كانت رد فعل فى المقام الأول. فقول آينشتاين بأن الضوء يتكون من جسيمات هو عودة لنظرية للضوء كان قد أُعتقد أنه تم دحضها فى بدايات القرن التاسع عشر عندما أُجرى عدد هائل من التجارب لإثبات أن

الضـوء ظاهرة مـوجيـة. هل تذكر مـعـادلات مـاكسـويل؟ فـالحقيـقـة أن هذه المعـادلات افترضت أن الضوء ظاهرة موجية. ولاشك أن الضوء ظاهرة موجية والفيزيائيون على مشارف نهاية القرن التاسع عشر كانوا يحاولون إظهار أن كل الجسيمات كانت بالفعل شكلاً من ضوء مكثف. ويوازى هذا فكرة أن الذرة جسيم وكيان أساسى فى الطبيعة، وهى فكرة قديمة جداً بحلول نهاية القرن التاسع عشر. لذا فإن القول بأن الضوء يتكون من جسيمات كانت محاولة من آينشتاين لإعادة الزمن إلى الوراء.

كان آينشتاين على صواب بشأن أن الضوء يتكون من فوتونات لكن فيزيائيي القرن التاسع عشر كانوا أيضًا على صواب بشأن أن الضوء يتكون من موجات. لكن الخطأ الذى وقع فيه كافة الفيزيائيين قبل آينشتاين كان التفكير فى أحد الاختيارين دون الآخر - إما جسيم أو موجة - متجاهلين احتمالية أن يجمع الضوء بين كليهما، وهو الأمر الذى أرساه آينشتاين.

إن احتمالية أن يجمع الضوء - وبالطبع كل جسم آخر فى العالم بما فى ذلك الناس والكواكب - بين طبيعة الجسيمات والأمواج فى الوقت نفسه كانت واضحة لكافة الفيزيائيين قبل آينشتاين . وبحلول عام ١٨٥٠م، جرى إثبات أن الميكانيكا النيوتنية - فى أقوى صورها الرياضية المعروفة بنظرية هاملتون جاكوب - تتطلب أن يكون كل شيء فى الوجود موجات وجسيمات. لكن أقوى الصور الرياضية لميكانيكا نيوتن لم تنل ما تستحقه من أهمية وتركيز حتى أجبر آينشتاين الفيزيائيين على إعادة التفكير فى الأمر. ثم جاء عام ١٩٢٦م ليثبت فيه الفيزيائى النمساوى أروين شرودينجر أنه يمكن تخطى المشكلة الرياضية فى معادلة جاكوب هاميلتون خلال إضافة حد جديد. واليوم، تسمى المعادلة الجديدة بمعادلة شرودينجر التى تشكل أساس ميكانيكا الكم الحديثة. وبعبارة أخرى، فإن الحفاظ على الميكانيكا الكلاسيكية يقود بالضرورة إلى ميكانيكا الكم. وكما أشلر ستيفن فينبرج وفريمان ديسون فإن كل الإنجازات فى الفيزياء منذ آينشتاين وشرودينجر كانت تجديدات محافظة هى الأخرى. بل إن ديسون أشار إلى

أنه عندما تحول أينشتاين فى سنواته الأخيرة عن منحاه المحافظ تجاه الفيزياء إلى فيزيائى آخر ثورى لتطوير "نظرية المجال الموحد" خلال الحدس العقلى فإن هذا الفيزيائى أخفق فى مسعاه.

إن آينشتاين فى عينى اليوم هو ذاته من عرفته فى صباى. إنه الامتياز والإتقان يتحدث عن نفسه. وإننى لآمل التعلم من نجاحاته وإخفاقاته. وأحسب أن هذه النجاحات إنما جاءت من اتجاهه المحافظ تجاه الفيزياء، وأن عثراته نبعت من محاولته المتعمدة فى أخريات حياته للقيام بثورة فى الفيزياء؛ لذا فإن آينشتاين العظيم هذا، ذلك العلم الفيزيائى الأول فى القرن العشرين، كان رجعياً علمياً.

بوصلة آينشتاين: هيلين دوكاس

جورج ديسون

جورج ديسون هو مؤلف ومصمم ومؤرخ للتكنولوجيا والذى تراوحت اهتماماته من تاريخ زوارق إليوت كاياك حتى ثورة الحوسبة الرقمية والاتصالات (الرسم بين الآلات) تقصى الفضاء بالدفع النووى (مشروع أوريون). ولقد كانت بداية حياته ومشواره العملى، فى مقابل حياة والده وعمله، الفيزيائى فريمان ديسون، موضوع كتاب أصدره كنيث برور عام ١٩٧٩م تحت عنوان "سفينة الفضاء وقارب صغير". كان يعيش فى بيللنجهام وواشنطون ويقسم وقته بين بناء الزوارق وتأليف الكتب.

ظل آينشتاين أبداً يتذكر عندما كان مريضاً فى الخامسة من عمره فأهداه والده بوصلة مغناطيسية لتشعل ولعه بالفيزياء الذى أسر عليه حياته ووجوده فى السنوات الواحدة والسبعين التالية من حياته. أما أنا فكنت فى السابعة من العمر وكانت أختى إستر فى الثامنة من العمر عندما بدأت هيلين دوكاس - التى كانت سكرتيرة آينشتاين الشخصية منذ ١٩٢٨ والوصى الأدبى منذ وفاته عام ١٩٥٥ - فى القيام بزيارات أسبوعية منتظمة لترعانا مع مجموعة من الشقيقات، وكذلك لبيت أسرة ديسون على طريق باتل ببرنستون. كانت تحضر لنا من حين لآخر بعضاً من الألعاب والألغاز التى تجمعت فى منزل آينشتاين، ومن ذلك بعض النسخ والنماذج التى أرسلت للبروفسير آينشتاين وانتهى بها الحال بين أيدينا.

على غرار آينشتاين فإننى مازلت أتذكر أن أهديت بوصلة مغناطيسية صغيرة، إلا أنها أخفقت أن يكون لها أى أثر. فبالنسبة لى لم تكن سوى بوصلة : شىء يهديك السبيل نحو الشمال أو الجنوب إذا ما ضللت الطريق بين الأدغال. لم أتساءل عن السبب وراء اتجاه قطبها تجاه الشمال؟ ولا عن سبب المجالات الكهرومغناطيسية؟ بل كان تساؤلى الوحيد: ولماذا أضل الطريق فى الأدغال؟

يشمل معهد الدراسات المتقدمة هيئة تدريس دائمة مكونة من اثنين وعشرين شخصًا ونحو مائتين أو يزيد من الزوار المؤقتين على مساحة تبلغ ستمائة أكر والتى لا تزال خمسمائة أكر منها عبارة عن محمية طبيعية خاصة . وكان والدى الفيزيائى فريمان ديسون قد انضم إلى المعهد عام ١٩٥٣ - عام مولدى - لذا قضيت أغلب طفولتى بين رحاب غابات المعهد. كانت برنستون، نيوجرسى، مجتمعًا رحبًا تحوطه الأشجار - أبقت عليه قوانين التقسيم والثروة. على أنه لم يكن هناك من مكان يحمل إحساسًا بالترف يماثل المعهد. كانت الغابة وآينشتاين أهم أكثر رموز المعهد شهرة، مذكرًا العالم أن المعهد موجود ليوفر الفرصة والوقت والمكان لمجموعة منتقاة من الأفراد ليفكروا. وعلى ذلك علق الاقتصادى والتر ستيوارت فى حديثه إلى أبراهام فليسكينر مدير المعهد عام ١٩٣٩ - عام بناء قاعة فولد التى بمثابة المركز الرئيس للمعهد على حافة الغابة - قائلاً: "ترى هل هناك شىء أكثر حكمة من إعطاء الناس ذوى القدرة على التفكير رفاهية فعل ذلك؟

إن الغابة هى ملجأ الحياة البرية، ملاذ للباحثين وبرية لا يمكن للأطفال مقاومتها. فالمعهد - الذى كان حوالى ميل مربع تقريبًا - تحده مزرعة أولدن وطريق باتلفيلد وملاعب جولف سبرينجادل وقناة دويلاير ورارتيان - طبع فى ذهن الأطفال الذين تربوا بين جنباته كما لو كان غابة كريستوفر روبين ذات المائة أكر.

كان الطوبولجى أوزوالد فيبلين الذى قدم إلى جامعة برنستون عام ١٩٠٥، وابن أخت تورستين فيبلين، هو بمثابة كريستوفر روبين المعهد. لقد ظل فى برنستون طوال حياته ما عدا مهام فى أبردين خلال الحربين العالميتين ورحلات الصيف إلى

غابات ماين. وبصفته رجل رحلات لا يقهر، ورجل إدارة متميز، اقترح على سيمون فليكسنر من روكفلر مشروعًا ما أصبح معهد الدراسات المتقدمة. وفى ذلك قال فيلين: "إن السبيل نحو خطوة جديدة للتقدم هو تكوين وتدعيم معهد لعلوم الرياضيات "حيث سيكون التجهيز المادى لهذا المعهد بسيط جدًا يتمثل فى مكتبه وعدد صغير من المكاتب وقاعات المحاضرات والأجهزة كآلات الحاسب".

رد فليكسنر على فيبلين: "أتمنى أن تلتقى يومًا أخى السيد أبراهام فلينكسر مدير مجلس التعليم. عندما تقاعد أبراهام من مؤسسة روكفلر بعد ست سنوات نجح فى تأمين تمويل من تاجر من نيويورك لويس بامبرجر وأخته كارولين (السيدة فليكس فلد) لمعهد جديد وكان فيبلين آنذاك أول بروفسير تتم دعوته. وهنا عمل فيبلين من خلال منصبه الجديد على توسيع آفاق علوم الرياضيات فى أمريكا وكذلك أرسى حدود وغابات المعهد.

كتب فيبلين فى ١٢ أبريل ١٩٣٤ إلى أبراهام "ليس هناك من مؤسسة علمية فى الولايات المتحدة لم تقع فى خطأ البدء بمساحة صغيرة من الأرض دون مستوى كفايتها بدلاً من البدء بمساحة كبيرة جدًا، على حد علمى. لذا فإنه طالب بالحصول على مساحة واسعة كافية من الأراضى تحول دونتدخل المتطفلين. لذا انطلق بين غابات وحقول برنستون وخاض سلسلة من الصفقات الصعبة مع ملاك الأراضى الذين تملكهم اليأس والكآبة مع سنوات الكساد. ولما كان عام ١٩٥٩ كتب روبرت أوبينهمر إلى فيبلين يسأله تغيير اسم أحد طرق المعهد من بورتيكو ليصبح طريق فيبلين لكن رده كان "لا، لعله من الأفضل الانتظار حتى أموت".

كان فيبلين مصممًا على وضع مدرسة رياضيات من الدرجة الأولى فى المعهد، تقوم على ما سبق وحققه بالفعل فى جامعة برنستون على أن تسعى لضم ألمع وأرقى العقول فى المجال. "كانت أبعاد الفكرة فى مخيلته كالآتى" مرتبات مجزية حيث لا توجد مهمات أو مسئوليات تدريس ومعاش مدى الحياة ومكاتب ذات بناء راقٍ مرتفعة الأسقف "واختلف مع فليكسنر إلى فيبلين حول موضوع من تتم دعوته موضحًا إلى

الأوصياء ١٩٣٨ أن علماء الرياضيات بالنسبة له جميعًا، مثل الأبقار فى الظلام، سواء بسواء. وعلى الرغم من ذلك كله فإن فيلين جعل بدايته التوجه إلى آينشتاين وما أن قبل آينشتاين الدعوة حتى صار فيبلين البروفسير الرقم الثانى على مستوى المعهد. فآينشتاين فى ذاك الوقت لم يكن عالمًا مبرزًا وأحد الشخصيات العامة ذات الشهرة والجماهيرية بل كان أيضًا لاجئًا حاصلاً على الجوائز. فلقد قدر للمعهد أن يلعب دورًا هامًا فى الثلاثينيات كملاذ آمن يلجأ إليه هؤلاء الفارين من أوروبا، مستوعبًا قدر طاقته من الباحثين. خطط فيبلين مع مجلس إدارة روكفلر لجنة طوارئ لهؤلاء الباحثين الذين جرى طردهم حيث هدف من ذلك مجابهة كارثتى "معاداة السامية فى أوروبا والكساد الذى عم الولايات المتحدة". وفى هذا السياق مثلت الدعوة إلى معهد برنستون مشكاة نور تنجو بهم من ظلمات التردى فى المجهول. هنا كانت الفرصة للتربع على الصدارة إذ ينجح المعهد فى التوقيع مع آينشتاين عقدًا مدى الحياة بالمشاركة مع روكفلر الذين ساهموا كثيرًا فى ذلك.

لكن فليكسنر عانى من متلازمة المؤسس، حيث أحكم قبضة شديدة غير مريحة على المعهد الجديد. فوجهة نظره أنه لابد من وجود إدارة حازمة صارمة تحول دون الاجتماعات المتزايدة للجان والجمعيات بل وحتى المعهد ذاته. بهذا وجد آينشتاين (وكذلك هيلين دوكاس) فليكسنر شخصًا لا يطاق فساد التوتر الجانبين. "لننظر إلى كلمات فلينكسر إلى المؤسس عضو مجلس الأمناء هربرت ماس عام ١٩٣٣م" لكى نبنى معهدًا عظيمًا فإنه سيتعين علينا عاجلاً أو آجلاً أن يكون بيننا أناس مختلفون عن النمط العادى ولتنظر مثلاً إلى آينشتاين الذى ارتكب العديد من الحماقات منذ ذهابه إلى أوروبا. بالطبع لن أدعهم يزعجوننى قيد أنملة حيث أدرك تمامًا أنه سيكون على رسم خطواتهما هو وزوجته بمجرد وصوله إلى برنستون.

لكن آينشتاين كان يستخدم المعهد وفليكسنر لأغراضه الخاصة بالقدر نفسه الذى استخدمه به الأخير. فبرنستون كانت آنذاك واحدة من أكثر المجتمعات محافظة فى أمريكا على أن آينشتاين أدرك أنه على الرغم من كل هذه الفظاظة والمظاهر والتعقيد ضد اليهود فى جامعة برنستون فإن هذا الملجأ فى قلب الساحل الشرقى مكان جيد

جدا ليأتى بثورة تخرج على ذلك كله وليمارس تأثيره من ذاك الحين. فأينشتاين ساعد ثورة المعهد ضد فليكسنر مجبراً المدير على التقاعد ليحل محله فرانك أيديلوت الرئيس السابق لسوارثمور Swarthmore الذى التحــق بجمعية الأصــدقاء عــام ١٩٣٩م والذى تميز بدبلوماسية لا مثيل لها داخل المعهد وخارجه. وكعضوٍ للجنة الأنجلو - أمريكية المشتركة إلى فلسطين عام ١٩٤٦، فإن أيديلوت ساعد على أن ترى دولة إسرائيل النور، والتى سوف يطلب من آينشتاين رئاستها فيما بعد.

وصل آينشتاين ، تصحبه هيلين دوكاس، إلى برنستون فى أكتوبر ١٩٣٩. وستظل هيلين جزاء من منزل آينشتاين (ومديرة منزله بعد وفاة إيلزا عام ١٩٣٦) حتى وفاتها عام ١٩٨٢. وعلى الرغم من تأثرها بمخدومها فإنها تمتعت بتفكيرها المستقل الخاص بها. ولقد قال عنها أبى فى ذكراها السنوية: "إنها تمتعت بقدرة حديدية على تذكر من كتب إلى آينشتاين ومتى وأى الخطابات تحتاج الرد عليها وأيها لا يحتاج ومن كان جدياً فى سعيه وراء الحقيقة ومن كان مجرد صحافى متسلق وأضاف أن وجودها إلى جوار آينشتاين طيلة هذه السنوات قد مكنه من أن يكون عالماً خالى البال صافى الذهن ذلك أنها ناءت بعبء التفاصيل المملة والمتعبة التى احتاج نسيانها وذكرته بأهم الأمور التى يحتاج تذكرها. فبالنسبة للعالم فإن آينشتاين حقق الخلود لذاته خلال علمه وإنسانيته والشهرة التى تمتع بها. أما بالنسبة للأصدقاء والجيران فى برنستون فإنه حقق ذلك خلال هيلين دوكاس. لقد كنت أنا وإخوتى صغيرين جداً لنعرف من هو أينشتاين لكن زيارات هيلين الأسبوعية لنا أعادته إلى الحياة ثانية بالنسبة لنا.

ولدت هيلين فى ١٧ أكتوبر ١٨٩٦ ونشأت فى فريبرج وسط سبعة من الأخوات. وتركت المدرسة لتعتنى بأخواتها الصغار بعد أن توفيت والدتها عام ١٩٠٩م وكانت أول وظيفة لها هى معلمة فى حضانة عام ١٩١٩م. وفى حين خلا منزل آينشتاين من الأطفال وفى حين ظل أقرباؤها فى أوروبا فإن منزلنا كان فى منتصف الطريق من المعهد إلى منزل آينشتاين ولم يكن هناك من أحفاد لهيلين فى أمريكا وبدا أن الظروف تتهيأ من تلقاء أنفسها. لقد ظهرت يوماً ما مثل مارى يوبنز وقد اختارتنا بقدر ما اخترناها.

كانت هيلين صارمة لكن طيبة عطوف تحب الحديث والمسامرة - خاصة بالألمانية - لكنها أتقنت كيف تحدث أعمق الأثر فيمن أمامها فى كلمات معدودة. وكانت ذات معرفة موسوعية كما لو أن كل شىء فى العالم قد انصب فى رأسها لتتمتع بعقلية منظمة جداً. فهيلين كانت قادرة أن تعمل ما تقوم به محركات البحث التى نعرفها اليوم.

ثم فى يوم لا ينسى فى بعد ظهر أحد أيام الشتاء المظلمة، قادتنى هيلين إلى تجربة أول كتاب للكبار. فلقد كنت أتقلب دون هوادة فى كرسى أبى الأخضر الضخم فى مكتب والدى حيث أصابنى الملل ومثيراً للتوتر فى حياتها بشكل عام حتى سألتنى فى النهاية: "لماذا لا تجلس وتقرأ فى أحد الكتب؟ "فما كان منى سوى أن رددت قائلاً "ليس هناك شىء يُقرأ". بالطبع كان المكتب مليئاً بالكتب لكن أياً منها لم يكن للأطفال وهنا مضت إلى رف الكتب وانتقت أحدها قائلة: "اقرأ هذا". كان هذا كتاب "كون تيكى"[1] لثور هيرداهل والذى أصبح فيما تلى كتاب المثل. فهيرداهل يفتتح الكتاب "أحياناً ما تجد نفسك فى موقف غريب فتستوعبه بشكل تدريجى وبطريقة طبيعية لكنك أحيانا ما تجد نفسك فى خضم موقف ما حتى إنك لتذهل فجأة وتسأل نفسك كيف أصبحت الحياة هكذا ". وبهذا أخذنى الكتاب من مقعد أبى الأخضر إلى غابات بيرو وإلى حركة الرياح وبين جزر البحار الجنوبية. ففكرة أنه بمقدورك ربط ألواح الطوف معاً والانطلاق فى المحيط الهادى أصحبت هى الفكرة المحركة الهادية لحياتى تماماً كما توجهت حياة آينشتاين إلى حد بعيد خلال لقائه بالمجال المغناطيسى فى طفولته.

وبدأت فى ربط الأشياء أجزاء الطوف معاً - فبدأت بعيدان الخيزران من الخيزران النامى على امتداد طول أوبنهيمر - ومنذئذ وأنا أجمع الأشياء وأربطها معاً. وبعدما غادرت برنستون وأنا فى السادسة عشر من العمر، ذهبت لأعيش فى منزل على شجرة يرتفع نحو خمس وتسعين قدماً على ساحل كولومبيا البريطانية حيث درست

---

(١) كون تيكى: طوف خفيف يصنع من خشب غابات البالسا فى بيرو.

وبنيت بعض من الكاياكى[1] (أو البايدراكى بالروسية) الخاصة بشعب الألوتس الذين يتمتعون ببراعة مائية لم يشهد العالم لها مثيلاً. وعلى الرغم من أننى كنت أود الابتعاد عن برنستون ومؤسساتها قدر الإمكان فإنه انتهى بى المطاف أن أعمل فى مجالى العلم والتاريخ وبطريقتى الخاصة المتواضعة أعيد إنتاج رؤية أبراهام فلنكر للجنة الفكرية فى الغابات.

هل كان لدى هيلين هاجس قبلى بذلك؟ والإجابة أنها كانت حكمًا لماحًا سريع البديهة حسن الفطنة على الشخصيات والأسر والأطفال الصغار ولهذا ربما تكون قد استشعرت أننى لن أخرج من جلباب أبى وأختى (كانت إستر أصعب من أتباع فريمان) ما لم أنطلق وأقوم بشيء مختلف تمامًا مثل بناء كاياكى هناك بعيدًا على شاطئ كولومبيا البريطانية. أما أول مركب يخصنى فبنيته فى غرفتى بعد سنوات من قراءتى كتاب كون - تيكى وأطلقته فى قناة ديلاور & وقناة راريتان بالقرب من كوبرى المعهد المتحرك. وبعدها بفترة وجيزة غادرت برنستون ومر وقت طويل وكثير من الكاياكى قبل أن أعود إليها.

والطريقة نفسها التى استطاعت بها هيلين دوكاس تحديد مسار حياتى خلال كتاب صغير أشارت عليّ بقراءته فإننى، أعتقد أنها وجهت حياة آينشتاين خلال سلسلة من الأفعال والإشارات العميقة الهامة. فروتينهما اليومى الذى شمل "عليك بقراءة هذا" أو "اعتقد أنه يجب الرد على هذا الخطاب" (بينما تستبعد خطابات أخرى) يشمل فى طياته فهمًا عميقًا لمكانة آينشتاين فى العالم. فهى أتاحت لآينشتاين الفرصة أن يكون آينشتاين . فغريزتها وتقديرها للأمور كانت صائبة مباشرة كالبوصلة التى لا تعرف الخطأ ولقد احتاج آينشتاين ذلك.

لقد رأيت هيلين آخر مرة بعد عشرين عامًا من قراءة كون - تيكى وذلك قبل وفاتها بعامين. كنت عائدًا إلى برنستون للمرة الولى منذ وقت طويل وبعد رحلة بحرية

(١) قارب صغير ذى إطار مضىء مصنوع ليكون مضاداً لدخول الماء حيث يطن من الخارج بجلود الحيوانات.

طويلة امتدت لأربعة أشهر على شاطئ ألاسكا الجنوبية وكولومبيا البريطانية مقتفياً أثر روس القرن الثامن عشر وصيادى ثعلب الماء بأسطول من ست وثلاثين زورق بنيتها أنا ومجموعة من الأصدقاء. كانت هذه فترة ازدهار بالنسبة لى ودعيت لإلقاء محاضرة فى القاعة المستديرة بالمبنى الجديد لمعهد العلوم الاجتماعية وهى أول مجموعة من المبانى الحديثة التى انتشرت حول قاعة فلد. وكانت هيلين دوكاس ومارجوت أينشتاين ابنة أينشتاين بالتبنى من زوجته فى الصف الأمامى. وإننى لأتساءل ما إذا كانت هيلين علمت أن رحلتنا خلت من استخدام البوصلات متعمدين فى ملاحتنا على الغريزة بالطريقة نفسها التى كانت تبحر بها وسط أوراق أينشتاين دونما أى قاعدة بيانات إلكترونية. ترى هل تذكرت أنها أعطتنى كتاب هيرداهل؟

كان للكاياكى مروحية الشكل تبحر مع اتجاه الرياح فى اتجاه الرياح الجنوبية الشرقية فى المضيق البحرى والرياح الغربية الموسمية داخل الممر، تماماً كما أمسك كون تيكى على رياح التجارة فى جنوب الهادى. وأوضحت التحولات أن آخر خطوة فى رحلة بدأت عندما حملت أول كاياكى خلال غابات المعهد فى قناة دويلاير وراريتان لقصد الابتعاد قدر الإمكان عن برنستون وفيزيائيها.

بعد أن انتهيت من المحاضرة تقدمت هيلين ومارجوت نحوى. تقدم بهما العمر لكنهما ظلا على حالهما دونما تغير. ثم جاءت مارجوت، بالبريق نفسه الذى أتذكر عينيها تشع به منذ أيام الطفولة، لتخبرنى بما قد تكون هيلين عرفته أنه بداخلى منذ أمد بعيد، لكنى لم أتوقع أبداً أن أسمعه "إننى أتمنى لو أن العم ألبرت كان حيًا بيننا ليرى هذا اليوم".

ثلاثة آينشتاين عرفتهم

كورى س. بويل

يعمل كورى س. بويل محررًا رئيسًا فى مجلة ديسكفرى ومدرس مساعد للكتابة عن العلم فى جامعة نيويورك وصاحب كتاب "الرب فى المعادلة: كيف حول آينشتاين الدين".

ها قد مر نصف قرن على وفاة ألبرت أينشتاين ولا يزال يعرف كيف يفرض وجوده ويجعل نفسه فى موضع القلب من الصورة. فهو يأتى خلسة متسللا دونما توقع بينما تلقى نظرة خاطفة على السماء ليلاً تصبح رؤية محيرة للنجوم التى تستمد قوتها من تفاعلات الاندماج وتجمعاتها المتماسكة مع بعضها البعض خلال تحدب الزمان – المكان وضوئها المنبعث بسرعة ثابتة – ١٨٦٢٨٢ ميل فى الثانية الواحدة. تجده يفاجئك من هذه الصخور اللامعة بضوء الشمس خلال زيارتى لمونت ويسلون بكاليفورنيا حيث توصل إدوين هابل لأول مرة أن الكون يتمدد وبهذا حول النظرية النسبية العامة إلى خطة متكاملة من نشأة الكون حتى مصيره وقدره. وهاهو يلقى على التحية من هذه صور الأوراق فى أرشيف آينشتاين بمعهد الدراسات المتقدمة ببرنستون حيث ما زال لكلماته رونقها وجاذبيتها وهاهو يطل من بين سطور خطاباته إلى فرانلكين روزفلت وسيجموند فرويد وبرتراند راسل وهؤلاء الأطفال الصغار وحتى هؤلاء الذين يودون الإجهاز على نظرياته.

تضافرت هذه العوامل كلها على مر السنين فى رسم صورة آينشتاين فى مخيلتى – أو بالأحرى هذه الصور الثلاث التى رسمتها له والتى ترصد ثلاث جوانب متمايزة

ولكن مترابطة من شخصية الرجل مثل كرات أرسطو السحرية . فآينشتاين الرمز يلمسنى بما له من تأثير مزلزل على الثقافة العامة، ثم آينشتاين العالم يؤثر فى بمعادلاته الصعبة وصيغه ونظرياته الصعبة أما آينشتاين الفيلسوف فيمس أعماق أعماقى فيتحدى أفكارى الخاصة بالجمال والروحانية. أما ما يربط هذه الجوانب ببعضها فهو موهبة آينشتاين الخارقة على الابتكار والتجديد. فبالنظر إلى تصريحاته العلنية وتنظيره وتأملاته الدينية ، تجده يمعن النظر إلى ما هو موجود قائم من صيغ ثم يرفض الأفكار القائمة ويعيد تعريف الأمور بحرية تامة - المكان، الزمان، الرب، السلام - بحثا عن معانى أعمق.

لقد تعلمت أعمق الدروس وأهمها من آينشتاين الرمز بينما كنت مازلت شابا صغيراً كما هو الحال مع ملايين البراعم من الأطفال ذوى العقول والموهبة الأكاديمية على مدار الثمانين عامًا الأخيرة. ومن منا لا يعرف ما نسج وكتب عنه من قصص؟ فالمشهور أن آينشتاين بدأ حياته متأخراً فى الكلام ليصير بعد ذلك واحدا من رموز العبقرية. لقد كان سابقًا لعصره متفوقًا على أترابه بشكل ملحوظ لكنه مع ذلك اضطر للقبول بوظيفة غير لائقة بمكتب تسجيل الاختراعات السويسرى ببرن فى حين يظل يصارع ويناضل حول أسرار $E=mc^2$. وهو من ساعد وشجع على تطوير القنبلة الذرية ثم أمضى ما تلاها من سنوات يدعو إلى السلام والتعاون بين الشعوب. كان له حضوره وسحره غير العادى يلعب فيه شعره الثائر الأشعث دوراً خاصاً فينطق بكلمات وأقوال مأثورة: "إن الرب دقيق لكنه ليس مؤذ" أو "أراد القدر أن يعاقبنى على ازدرائى التام الدائم للسلطة فجعل منى نفسى سلطة".

إنه لمن الهام بمكان أن جوانب سيرة آينشتاين تقارب الكاريكاتير. فالرسالة التى تحملها بين طياتها واحدة فى كل الأحوال. فآينشتاين هذا علمنى أن الإنجازات الكبرى مرتبطة بشكل لا فكاك فيه مع روح ثائرة لا تكترث للتيار السائد وتتبعه بشكل أعمى. بل هو بالنسبة لى شخص لا ينفصل إبداعه عن رفضه الانصياع لما اتفق عليه من قواعد ونأى بنفسه عن هذه اليقينات المريحة. إنه يذكرنى ببوب ديلان وهو يخرج من

داخله قمة الشعور والإثارة "مثل حجرة متدحرجة" أو جون ليون محتضنا جيتاره أو فن يوكو أونو المحرك للمشاعر. فلقد كان بمقدوره ببساطة أن يتواءم مع قائم الفيزياء من حوله ويجرى المزيد على الجانب التطبيقى لها ويتوجه نحـــو مهام التدريس العادية. لكنه لم يقم بأى من هذا واختار لأفكاره سبيلا يسمح لها بالتحليق حرة حتى عزفت النسبية الخاصة.

مازلت أتعجب وأتساءل عن هذا المجهود الدءوب والمثابرة الدائمة التى مكنته أن يظل وفيا لمبادئ المفكر الحر حتى مع تغير وضعه ومكانته وتغير العالم من حوله. فشهرته وصيته تكونت بعد نشره النسبية الخاصة عام ١٩٠٥ ثم تزايدت وانتشرت بشكل كبير بعدما كشف النقاب عن النسبية العامة ١٩١٥م. ثم مضى نحو المزيد من الشهرة والمجد عندما درس الفيزيائى الإنجليزى المرموق السير آرثر إدينجتون الملاحظات والمعلومات التى جرى جمعها خلال الكسوف الشمسى عام ١٩١٩ ليعلن أن جاذبية الشمس أحنت ضوء النجوم القريبة بنفس الطريقة التى تنبأ بها آينشتاين تماماً. وهنا، وبين عشية وضحاها، مضى آينشتاين من دوريات الفيزياء إلى الصفحات الأولى لجرائد العالم وصار بين الصف الأول لمشاهير نجوم ووسائل الإعلام.

لقد غيرته هذه الموجة الهائلة من الاهتمام والتقرب منه لكن ليس بشكل نرجسى. فلقد ظل ماضياً بإصرار وعزم فى دربه الخاص به فى عالم الفيزياء باحثاً عن نظرية موحدة لكل قوانين الطبيعة. ومع أن هناك القليلين ممن اتبعوه لكن محاولاته المنشورة عن النظرية الموحدة توضح أنه كان يسعى خلف أمرٍ مستحيل. لقد بقى على حاله دونما تغير ساعياً خلف هذه النظرية حتى إنه مما ينقل فى هذا الشأن أنه طلب دفتر ملاحظاته وهو على فراش الموت أملاً أن الإلهام قد يأتيه ليكمل مشروع الثلاثين عاما الأخيرة من حياته.

لقد أوضحت هذه الشهرة - وحتى مع خفوت إلهام آينشتاين العلمى - جانبا آخر من عظمته ألا وهو فهمه العميق للمسؤولية التى صارت عليه مع هذا الصيت . ومع أنه أدرك كونه أصبح أحد أوجه العلم إلا أنه تعمد أن يعامل هذا الدور بعدم اكتراث.

فشخصية العم ألبرت العبقرى الودود المرح قد قوضت النموذج النمطى للعالم كرجل مادى متحجر المشاعر والأحاسيس. (ولتنظر إلى كم الصور الملتقطة لآينشتاين وهو يركب الدراجة أو يخرج لسانه للكاميرا). أضف إلى ذلك هذه الأقوال المنقولة عنه بشأن الرب والتى تلعب ذات الدور لكن بطريقة أكثر تأثيراً ونفوذاً. لكننى أفسر استخدام آينشتاين لكلمة الرب على مستوى رمزى كما هو لاهوتى بالضبط. فمن الواضح أنه استوعب أن علمًا يتجاهل الدين أو يبدو أنه يدحضه لن يرضى العامة أبداً - بل ولن يرضيه هو ذاته.

إن الفكرة ذاتها تسرى على السياسة حيث قيم آينشتاين بحرص العلاقة بين السلطة وازدرائه إياها. لقد كان دائمًا سلمى النزعة مضاداً للأطر القومية الضيقة وعارض الحرب العالمية الأولى بشدة زملاؤه الألمان الذين ناصروها. وظل يتمسك بهذه المبادئ والمثل لكنه أدرك خطورة المناصرة العمياء لأيديولوجية بعينها، حتى لو كانت أيدلوجية المسالمة والوئام. وهاهو يشرح فى حديث له بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا عام ١٩٣١ كيف أعاد صياغة كلمة "منادى بالسلام" حيث يقول "لست فقط أحد دعاة السلام الذين ينادون به بل إننى مسالم مقاتل محارب.... أليس من الأفضل للإنسان أن يموت فى سبيل قضية يؤمن بها مثل السلام من أن يعانى من قضية لا يؤمن بها مثل الحرب؟ لذا عندما بدا تهديد القنبلة الذرية الألمانية حقيقياً إذا به يكتب خطاباً إلى الرئيس الأمريكى روزفلت صاغ مسودته الفيزيائى ليو سيزلارد يطالبه ببدء البرنامج الذرى الأمريكى. لكنه ظل فى نهاية المطاف متمسكًا باعتقاداته وأفكاره ناشراً ومروجاً بعدما وضعت الحرب أوزارها لنزع السلاح وحكومة دولية تحافظ على السلام.

من فى أجيال العلماء التى جاءت بعد آينشتاين حظى بفهم واضح لما يتعين عليه القيام به بما له منبر على الرأى العام؟ لننظر مثلاً إلى أشهر العلماء بيننا - مثل ستيفن هوكينج أو جيمس واطسون. فجميعهم أسهموا بأفكار رائعة حول العالم لكن قلة قليلة منهم تتفاعل بشكل هادف مع قضايا العالم الاجتماعية والسياسية الرئيسية.

وراء آينشتاين الرمز يأتي آينشتاين العالم - الرجل الذى منحته طفراته النظرية هذا الصيت الذائع وكل ما حصده من ورائه. إن آينشتاين العالم كان هو الآخر أكثر من مجرد راديكالى سطحى. ولننظر إلى الفيزيائى بانيش هوفمان، زميل آينشتاين فى المختبر وكاتب سيرة حياته، وقد وصفه بمنتهى الذكاء أنه كان "مبدعا مبتكرًا تسكنه روح الثورة والتمرد". لقد أتى على ما سبقه من أسس كلاسيكية لكن هذا كان السبيل الوحيد ليتوصل إلى أسس أعمق وأهم. فإسحاق نيوتن تصور كونًا قائمًا على المكان المطلق، وحدة قياس غير مرئية يمكن قياس كافة الحركة بالنسبة لها. ثم جاء آينشتاين ليستبعد هذه الفكرة ويضع كونًا قائمًا على قانون مطلق واحد حيث سرعة الضوء وغيرها من القوى الفيزيائية الأساسية ذاتها على حالها من كل المقاييس. أما البديل الآخر - القائل بأن القوانين الفيزيائية يجب أن تتنوع مع حركة الملاحظ نسبيا مع إطار مرجعى لا يمكن معرفته أو الوقوف عليه - فيبدو سخيفًا. ومع ذلك فإن كل فيلسوف سبق آينشتاين، رجوعًا حتى أرسطو ومن قبله، قد قبل بهذه الفكرة فى شكل ما.

لقد توصل آينشتاين إلى النسبية الخاصة عبر تمحيص ودراسة للأخطاء المنطقية فى نظريات الفيزياء السائدة ، أخطاء واضحة ظاهرة للعيان أمام الجميع. وهاهو الفيزيائى مورى جل - مان، فى محاضرة ألقاها حديثًا فى مركز أسبن للفيزياء، يعبر عن اندهاشه الشديد من قدرة آينشتاين أن يدرس معادلات ماكسويل الخاصة بالكهرومغناطيسية بعمق يفوق ماكسويل ذاته وكيف تمكن من الوقوف على المعانى الضمنية لحركة جاليليو النسبية ونموذج نيوتن للجاذبية. كان هذا هو الثمن الذى قدمه آينشتاين لالتزامه بكونه مفكرًا حرًا. لقد أصر على مراجعة ودراسة أعمال من سبقوه على مستوى أكثر دقة حتى مع أكثر من سبقوه شهرة ومجدًا حتى صار مقتنعًا فى النهاية أن النظام ككل عقلانى وسليم.

بل إن الاتساق العام الذى سعى وراءه دفعه، دون كثير من الاختيار، إلى مراجعة المشاكل التى غض الطرف عنها سابقوه أو أترابه من الفيزيائيين بوصفها توافه أو أمور ميتافيزيقية لا يمكن الإجابة عليها.

لم تكن إنجازات آينشتاين هذه نابعة من تجارب جديدة غريبة بل من التزام دقيق بالمنطق ولم يكن محركها آخر ما توصل إليه آنذاك من معادلات بل المعادلات الأساسية المعروفة. له عبارة شهيرة يقول فيها "ينبغى أن تتمسك كافة النظريات الفيزيائية، بما لها من صيغ رياضية، بالبساطة التى تجعل الأطفال قادرين على فهمها". وهو يحمل التوصيف ذاته على الأسئلة التى كانت مبعث نظرياته فيقول إنها أسئلة صبيانية حملها معه إلى عالم الكبار.

دائمًا ما صاغ آينشتاين هذه الأسئلة خلال تجارب فكرية أبرزت الطبيعة الكونية لتفكيره. ولقد تأمل ذات مرة ما سيحدث إذا ركب المرء شعاعًا من الضوء. فنظرية نيوتن للمكان تقول باستحالة مثل هذا الشيء بينما نظرية ماكسويل تقول بغير ذلك. لذا جاءت النظرية النسبية الخاصة لتشرح ما نلاحظه (وفقا لقوانين ماكسويل) خلال تنحية جانيا ما لا نراه (قوانين نيوتن للمكان المطلق). ولقد أقنعت هذه الصور العقلية آينشتاين أن الكون يجب أن يعمل وفقا لأسس أكثر اتساقا وبساطة من تلك التى يؤمن بها زملاؤه الفيزيائيون. أما هو فقد واجه أوجه القصور هذه بوضع فيزياؤه الخاصة به والتوصل إلى طرق جديدة لقياس الزمان والمكان.

لقد جاءت واحدة من أهم لحظات إلهام آينشتاين، وكما يتذكرها هو نفسه، خلال لحظة تفتحه واستنارته التأملية عام ١٩٠٧م "لا يوجد مجال جاذبى بالنسبة للملاحظ يسقط سقوطًا حرًا من سقف المنزل – لمحيطه المباشر على الأقل". (وهناك ثمة ملحوظة ينبغى التشديد عليها: ربما يمثل هذا الأسلوب آينشتاين الرمز فى عمله حيث يختلق حدثًا على نحو رجعى لكى يوضح مفهومه. لكن تظل الفكرة أنه يمكن التعبير عن أفكاره خلال هذه الوسائل وأنه اختار القيام بذلك). بعبارة أخرى فإن التسارع الناجم عن الجاذبية يلغى بالضبط القوة التى تؤثر بها الجاذبية. لكن آينشتاين صاغ الأمر بطريقة مختلفة. فشخص موجود فى مصعد مغلق لا يستطيع، من حيث المبدأ، أن يقول ما إذا كان ساكنًا بلا حركة على سطح الأرض ويشعر بجذب أو حركة خلال المكان أم أنه يدفع به لأعلى بذات المعدل من التسارع. ولقد أصبح هذا مبدأ آينشتاين للتكافؤ الذى مفاده أن التسارع المنتظم يكافئ مجال جاذبية منتظم – أو لا يمكن تمييزه عنه.

ثم طور آينشتاين هذه الأفكار فى النظرية النسبية العامة وهى نظرية للجاذبية توسع نظرية نيوتن وتنتمى إلى الفئة نفسها. فالنظرية العامة تجاوزت النسبية الخاصة بكثير من حيث إعادة تعريف الزمان والمكان - لا من حيث كيفية قياسها فحسب بل أيضاً فى كيفية ارتباطهما ببعضهما - بغية التوصل إلى وصف أشمل أكثر وضوحا للأمر. إن تحدب الزمكان لهو مفهوم غريب الوقع والذى يمثل بالفعل جزء من تجارب الحياة اليومية. فهو الذى يربط المجرات العملاقة مع بعضها لكنه ذاته ما يحدث معى عندما أجلس على كرسى أو حتى آخذ خطوة. وبهذا فإن آينشتاين الرمز أوضح أنه لا يتوجب على الفيزيائيين أن يكونوا منفصلين بعيدا عن العالم الواقعى أما آينشتاين العالم فيوضح أن بحوثهم تتطلب ذلك هى الأخرى. لذا فإنه ليس من العجب أنه صنع الكثير من المفاجآت فى حياتى.

كانت النسبية - وبالأخص النسبية العامة - هى الجسر الذى أخذنى من آينشتاين العلمى إلى آينشتاين الفيلسوف. فالنسبية العامة مثلت تتمة برنامج قد ابتدأ منذ عهد الإغريق القدماء لتحديد مجال القانون الطبيعى وبالتالى تعريف علاقتنا بالكون من حولنا. وكان مفهوم الإغريق أن قوانين وعناصر الأرض متمايزة عن تلك الخاصة بالأجسام السماوية التى تسير فى مسار دائرى تام وتتكون من الأثير - الذى عرف بالعنصر الخامس التام. ولقد بقى هذا الفرق بين السماء والأرض موجوداً فى شكل مصغر وهو ما اتخذ شكل "مكان نيوتن المطلق" (الذى وصف على أنه الرب ككل) وإعادة صياغة القرن التاسع عشر للأثير على أنه وسط غير مرئى ينقل الضوء خلال الفراغ ويمثل إطار مرجعى خلفى لكل أنواع الحركة.

أما فى كون آينشتاين فليس هناك من عنصر خامس وهو ما يعنى أنه ليس هناك من شىء خارج سلطة العلم. ويمثل هذا بالنسبة لى واحدا من أهم وأشد جوانب رؤية آينشتاين الثورية. وما مرت فترة قصيرة على إتمام النسبية العامة حتى نشر ورقة يعبر فيها عن أفكاره بشكل رائع سلس، ليُساهم بشكل رئيسى فى وضع علم الكون من حيث هو دراسة الكون ككل. لذا فإنه لعب دوراً محوريا فى صياغة العلاقة الجديدة بين العلم والدين.

إن فكرة أن الكون عبارة عن شيء واحد تحكمه مجموعة من القوانين التى يسهل التعبير عنها خلال الرياضيات تصدمنى وأراها محركة مثيرة تدهشنى وتذهلنى ذات غموض وتصوف - وهى الكلمة التى كانت وبلا شك تجعل أينشتاين ليجفل أو ليضحك بشدة أو كلاهما معًا. ولقد أجاب مرة على أحد المعجبين أطلق هذا الوصف على نظريته "إن التصوف هو الشىء الوحيد الذى ليس بمقدور الناس حمله على نظريتى". لكن هذا التصيد للصوفية لا يرصد إلا جانبًا واحداً ذلك أن آينشتاين رجل الجمال المفوه دائما ما استخدم مصطلحات اللاهوت فى حديثه. ولقد توصل إلى معرفة أعمق بالحقائق بأمور السياسة خلال إعادة تعريف المصطلحات الشائع استخدامها وتطويرها على غرار نهجه مع العلم. "فما أرى فى الطبيعة هو تصميم عظيم هائل حتى إنه لا يتسنى لنا سوى فهم غير دقيق غير صحيح، تصميم لا يسع أى شخص عاقل سوى النظر إليه بتواضع". وإنى لأجد هذا شعوراً دينيًا أصيلاً ليس له علاقة بالصوفية".

هاهو آينشتاين يلعب ثانية دور المفكر الثورى معيداً ابتكار مفاهيم مألوفة ليكشف النقاب عن حقائق أوسع . فآينشتاين رأى وجادل ضمنيًا أن العلم قد توسع إلى الحد الذى لم يقتصر على إعادة تعريف علاقة البشرية بالكون بل علاقة البشرية بما هو مقدس (مستعينا فى ذلك بنظرياته). فكون آينشتاين لا يترك حرفيًا مساحة للسماء، فليس هناك من مملكة فيزيائية لا تنطبق عليها قوانين الفيزياء الأرضية. بل إن الأمر فى الدين كما فى العلم فإنه عندما يلقى آينشتاين بنظام قديم فإنه يكشف عن نظام جديد أعمق. ولقد وجد تفسيراً دينيا لنظامه الأعمق فى فلسفة باروخ سبيونزا وصار يعامل القانون الفيزيائى ذاته بوصفه مقدس. ولقد قال آينشتاين: "إننى أومن برب سبيونزا الذى يكشف عن ذاته فى تناسق جميع الموجودات لا برب يهتم ويشغل نفسه بقدر وأفعال البشر".

إن تكرار آينشتاين لاستخدام كلمة الرب ليس استرسالاً أو تساهلاً ولا هو بحركة رمزية محضة. بل كان وضعا فلسفيًا درس بعناية. فلقد أدرك أن نظرية كونية بحق للفيزياء ستحمل معانى ضمنية لاهوتية ولكنه فى ذات الوقت كان بالغ القلق بشأن

القوى المدمرة للأديان التى يظن معتقدوها أن بمقدور صلواتهم تحقيق نجاحهم أو إنزال الفشل بالآخرين. فصدق آينشتاين ، بإحساسه وإن لم يخل الأمر بقدر من السذاجة، أن هذا المنحى المنطقى قد يصلح فى هذه الجزئية. وهى كلماته عام ١٩٤١ "بعد أن يقوم معلمى الأديان بعملية التهذيب التى سبق الإشارة إليها فإنهم ولاشك سوف يدركون بفرحة غامرة أن دينهم الصواب قد رفعت المعرفة العلمية من قدره وجعلته أكثر عمقًا".

إننى لمعجب بشدة لهذه القناعة الشديدة التى عرضها آينشتاين بينما يفتت معنى كلمتى الدين والرب المرة تلو الأخرى حتى يوضح مقصده من الدين الجديد "الذاتى". وتمامًا كما عكس إيمانه بنظريات علمية جميلة منظمة وجهة نظر طفل فى العالم فإن اعتقاده فى الرب بوصفه التأكيد الأعلى على هذا النظام قد جرى التعبير عنه كفرة مثالية أن الرب أعظم حتى إنه لا يمكن التوصل إليه فى إيمانٍ واحد. ولقد كرس آينشتاين كامل طاقته فى سبيل نشر وجهة النظر هذه ودائمًا ما تحدث عن "الشعور الكونى الدينى" الذى يصاحب الاكتشافات العلمية العظيمة وعبر فى النيويورك تايمز "أنه فى هذا العصر المادى فإن رجال المعرفة العلمية الجادون هم وحدهم رجال الدين فعلاً". وعلى الرغم من إقصاء البعد الدينى فى كون آينشتاين فإنه قدم احتمالية اتصال كونى قائم على فهم فكرى لقواعد الواقعية.

وحتى الآن فإن هذا المسار نحو التنوير الروحى هو الوحيد. فالميراث النظرى لآينشتاين بارز فى موضع من علم الكون الذى وضعه. فالنسبية العامة هى أساس فكرة الانفجار العظيم وقدمت مفهوم الثابت الكونى، ونظر إلى نموذج "الطاقة الداكنة الذى يُعتقد أنه السبب وراء التمدد المتسارع للكون". ويعتمد علم الكون الحديث بشكل كبير على أفكار آينشتاين حول الزمكان المتحدب وتكافؤ جميع أطر الإسناد وتجانس المادة على المقياس الكبير حتى أن الكثير من العلماء ينسون أن هذه الأفكار كانت افتراضات راديكالية منذ أقل من قرن مضى. ومع ذلك فإنك ما إن تنظر إلى ميراث آينشتاين الفلسفى فإنك لا تجد شيئا تقريبًا.

لا أتذكر باحثًا أبدًا يناقش الشعور الدينى بالكون. وكثير من العلماء والمؤرخين ينتقدون استخدام أينشتاين مصطلحات "دينى" و"الرب" بوصفها اختزال مشوه لجمال العلم. بل ندر أن يتحدث علماء الكونيات اليوم عن الرب وإن حدث فإنه بطريقة واعية خاصة على طريقة ستيفن هوكينج الذى تساءل يومًا "ما هو موقع الخالق إذن"؟. فهم يتجاهلون إلى حد كبير لغة أينشتاين الفلسفية والأسلوب الوجدانى المؤثر الذى يتحدث فيه خلال بحثه. ولنضرب مثالاً على ذلك عالم الكونيات آلان جودث من معهد MIT وهو يتحدث فى كتابه ذائع الصيت "الكون المتضخم "حيث طور فيه النموذج الرائد للانفجار العظيم متأملاً أمكانية إنشاء كون جديد فى معمل للتجارب على أنه يعامل هذا المشروع بوصفه مشكلة علمية محضة. لذا فإن المفارقة أنه بينما علم الكونيات ينمو فإن جماليات العلم تنحدر بل بالأحرى تتضاءل فى عدة نواح.

إن هذا هو أشد جوانب ميراث أينشتاين حزنًا. فالسياسيون والناشطون قد تبنوا حلمه بعالم موحد ملؤه السلام. أما الفيزيائيون فحملوا برنامجه لتوحيد قوانين الطبيعة حتى إن ذلك البحث عن التناغم والتناسق - اللذين اعتبرهما أينشتاين جوهر جماليات كونه - يقود تقريبًا كافة الأفكار المتطورة فى الفيزياء بدءًا من النظريات التى تتقصى أولى بدايات الكون حتى نظرية الوتر. وبالمقابل فإن توحيد العلم والدين قد لاقى فتورًا وإعراضًا فالموقف الصلب الثابت فى علم أينشتاين الذى لاقى مديح جيل - مان لم يجد سوى دعم محدود عندما طبقه أينشتاين على توجه لاهوتى. فانتعاش التطرف الدينى يبدو وكأنه لم يفعل شيئًا سوى إبعاد الناس عن مثالية أينشتاين.

ربما أن الأمر مسألة وقت حيث إن الإطاحة بالأيقونات ليست أبدًا بالعمل المحبوب. والنظريتان النسبية الخاصة والعامة اللتان هما من أعظم النظريات فى زماننا (ولا ينافسهما فى ذلك سوى ميكانيكا الكم ونظرية داروين للتطور) قد احتاجتا سنوات لتحرزا قبولاً عامًا ولم يحرزا أبدًا جائزة نوبل. أما علم الكون الدينى فأكثر إثارة للجدل وأقل متانة بكثير فليس هناك من تجربة مماثلة لكسوف الشمس - بالنسبة لمسألة

انحناء الضوء - تثبت أن آينشتاين كان على صواب فى سعيه وراء تصوراته الدينية.
وخلال ذلك فإنى لأمضى أناجى أينشتاين متبعاً دربه نحو علم يرفض العمل التنظيرى الترميمى بل أيضًا يرفض فكرة أن البحث العقلانى لا يمكنه التحدث إلى النهم البشرى للحقيقة الروحية.

بحثًا عن آينشتاين

لى سمولين

لى سمولين هو عضو مؤسس وفيزيائى باحث فى معهد بريمتر للفيزياء النظرية فى واترلوا بأونتاريو. وهو أحد الرموز الرائدة صاحب الكثير من الإسهامات العميقة فى الجاذبية الكمية، وهو أيضًا مؤلف "حياة الأكوان" و "ثلاث طرق إلى الجاذبية الكمية".

يزدان مكتبى بصورة أصلية لآينشتاين التقطتها عدسة المصور الكندى العبقرى يوسف كارش وأهداها لى صديق عزيز له معرفة وثيقة بالمصور على سبيل الترحيب والحفاوة بى فى كندا. وضعت الصورة، عظيمة القيمة، فى موضع مميز من مكتبى لكنى مع ذلك نادرًا ما أنظر إليها ذلك أنها تحتوى رجل هرم تقدمت به السنون يحملق إلى الكاميرا بمزيج من الحزن والحدة. بمقدورك أن ترى فى ثنايا عينيه ذكاء متقدًا وثورةً أخمد ليهبهما الزمن - أو لعله مرأى الأسد العجوز أمام الجمهور. والآن كلما نظرت إلى هذه الصورة تيقنت من أمر واحد وهو أنى لم أعرف هذا الشخص قط.

لم أدر إن كان هذا يرجع إلى تفرده أو أن هذا الذى عرفته ينتمى إلى زمن مضى. لكنى على يقين أنه ليس لدى أدنى فكرة عمن كان الرجل أو ما هو المكان من حوله وكيف كان يعيش ويمضى بين ظهرانى الحياة. وبالرجوع إلى عام ١٩٧٩م حيث كنت عالمًا حديث التخرج، فإنى كنت مهووسًا بمعرفة بعض الأمور حول من كان الرجل. كانت أولى خطوات مشوار ما بعد الدكتوراه فى معهد الدراسات المتقدمة وواحد من

أهم أسباب قبولى بها هو الاتصال ببعض من تراث آينشتاين الحى. لكن هذا كله أمل تبدد. فلم يعد للرجل من أثر باستثناء تمثال نصفى فى المكتبة حيث لم أجد تلميذاً أو زميلاً له. صحيح أنه يوجد عدد قليل من الناس الذين عرفوه إلا أنهم أثبطوا محاولاتى وصرفونى عنها.

كانت البداية مع المنظر الفيزيائى فريمان ديسون الذى دعانى لتناول الغذاء فى أسبوعى الأول بالمعهد. سألنى الرجل بدماثة بالغة عما إذا كان هناك شىء أو عون يستطيع أن يقدمه لى فى برنستون وهنا أجبته أنه ليس لى سوى مطلب واحد "هلا أخبرتنى كيف كان يعيش آينشتاين؟" فأجابنى بقوله: "آسف ولكن هذا أمر لا يسعنى مساعدتك فيه". فاجأتنى الإجابة، لكنى أصررت وقلت له: "كيف ذلك وقد جئت إلى هنا عام ١٩٤٨م وكنت زميلاً له حتى توفى ١٩٥٥م".

فسر ديسون لى الأمر أنه هو الآخر وصل إلى المعهد تدفعه رغبة ملحة لمعرفة آينشتاين لذا ذهب إلى هيلين دوكاس، سكرتيرة آينشتاين ، وحدد معها موعداً للقائه. لكن فى اليوم السابق على الموعد خطر ببال ديسون أنه ينبغى تحضير موضوع ما لمناقشته مع آينشتاين لذا ذهب إلى هيلين وطلب منها نسخة من الأوراق العلمية حديثة النشر لآينشتاين إلا أنه وجد هذه الأوراق محض تفاهات (هكذا كان ينظر الجيل الأصغر آنذاك إلى أعمال آينشتاين حول نظرية المجال الموحد ويالها من مفارقة ساخرة أن المعهد يعج اليوم بباحثين شباب يعملون على نظرية المجال الموحد). وهكذا جاء يوم الموعد ولم يستطع مواجهة آينشتاين ليخبره بوجهة نظره فى عمله وهو فى الوقت نفسه لا يمكنه أن يلقاه ويخفى وجهة نظره. لذا فوت ديسون الموعد وأمضى السنوات السبع الماضية يتجنب الرجل حتى وفاته.

أدهشنى ما سمعته ولم أستطع إلا أن أرد بوضوح: "ألا تعتقد أنه كان بوسع آينشتاين الدفاع عن نفسه وتبرير أفكاره وأعماله؟" أجاب ديسون: "هذا أمر لا شك فيه لكن معرفة ذلك استغرق منى الكثير من السنين ثم مضى بعد ذلك يصف لى هذا الكبر والغطرسة التى علت أفراد جيله من فيزيائى نظرية الكم حيث كان من اليسير عليهم أن يديروا ظهورهم عن أى شخص لم يتفق معهم.

بعد هذا بفترة وجيزة، قدمنى صديق إلى أبراهام بى الذى كان يأتى إلى المعهد بشكل منتظم ليرجع إلى أوراق آينشتاين العلمية ليستعين بها فى كتابة سيرة حياة آينشتاين. انطلق بى فى مدح امرأة مسنة وأطال فى الثناء عليها، فلما سألته عنها، أجابنى: "إنها الآنسة دوكاس. لاشك أنها لا مثيل لها". كانت دوكاس بعد فترة طويلة من العمل والاختلاط ببى قد سمحت له أن يناديها مدللاً "دو" وهو ما مثل له قمة الإثارة. اتضح لى فيما بعد أن دوكاس مازالت تعمل بعد بالمعهد حيث تذهب يوميًا لتنظم أوراق الرجل وسألت بى إن كان من الممكن أن يعرفنى بها لألمس بنفسى ما كان يتحدث عنه وكان اللقاء على غذاء اليوم التالى. فلما جلست معها وحدنا فى اليوم التالى أخبرتها رغبتى أن أقف على جانب من شخصية الرجل وروحه، كفيزيائى أحاول شاب تلمس نهج آينشتاين. هنا علت ملامحها قطبة وجمود وأردفت: "لا يسعنى مساعدتك فى هذا الأمر فلم أكن سوى سكرتيرة ترتب الأوراق". لعل كان وجودها مع الرجل فى منزل واحد لما يفوق العقدين جعلها بلا شك قادرة على إخبارى بما أريد، إلا أنها أنهت اللقاء ولم يمهلنى القدر متسعًا من الوقت لمحاولات أخرى حيث توفيت فى العام التالى مباشرة.

على المنوال نفسه، سارت الأمور مع بيتر بيرجمان الذى كان واحداً من مساعدى آينشتاين السابقين وزميلاً لى لاحقًا حيث أصر هو الآخر أنه ليس بمقدوره "إفادتى فى الإجابة على هذا السؤال "ومضى يغير الموضوع. حتى بى لم يعد كالسابق وإن ظل ودوداً رقيق الطبع مع عالم شاب يشاركه حبه للفن المعاصر. أما جون ويلر فإنه على الرغم من أنه قص عليَّ عدداً من القصص الرائعة عن اللقاءات التى جمعته بنيلز بور وآينشتاين، لكن ذلك لم يكن صورة لآينشتاين الإنسان.

لذا لم أستطع أبدًا التوصل إلى من هو آينشتاين حقًا. لعله كانت هناك محاولة متعمدة لإخفاء ما من شأنه التناقض مع أسطورة آينشتاين التى أراد ورثته أن تستمر. أو لعلهم كانت لديهم حساسية زائدة خاصة بالنظر إلى كيف جرى معاملته بشكل منفر وهذا الإعراض الذى تعرض له من قبل مجتمع الفيزياء فى سنواته الأخيرة ببرنستون.

أو لعل الأمر أن هؤلاء اللذين عانوا ويلات حربين عالميتين رهيبتين، حربين دمرتا عالمهما عن آخره، قد وجدوا من المستحيل التواصل مع شاب أمريكى أغر ليس لديه أدنى فكرة عما يعنيه السير فى شوارع برلين فى ربيع ١٩٢٥م.

أحياناً، فى لحظات نادرة، أجد نفسى وحيداً فى المكتبة فى أواخر الليل. أحملق فى هذا التمثال النصفى الذى لم يكن ليخبرنى بالقليل كهذه الكلمات المنقوشة. كلاهما يخلد ذكرى أسطورة، حيث لم يكن هناك من مدخل أو مفتاح لشخصية الرجل ذاته.

لعل السعى خلف معرفة من كان آينشتاين كان نوعاً من الكبر بشكل ما لكننى شعرت أن لدى سبباً لذلك وهو أن قرارى العمل على الفيزياء النظرية بنبع بالكامل من لقائى مع كتابات آينشتاين . فلقد دفعنى اهتمامى بعلم العمارة وأنا فى السابع عشر من العمر إلى كتاب مقالات حول آينشتاين عنوانه "ألبرت آينشتاين: فيلسوف - عالم "من تحرير بول شيلب. جاء الكتاب بتمهيد يحمل سيرة ذاتية كتبها آينشتاين عن نفسه يصف فيها دوافعه للانطلاق نحو العلم التى يبدو أنها نبعت من ثورة وتمرد على عكس دوافعى:

لما بلغت أولى عتبات الشباب، أخذتنى تماماً عبث وعدم فائدة الآمال التى طاردت أو طاردها معظم الناس طوال حياتهم بلا هوادة، فبحكم وجودك على ظهر البسيطة فإن كل امرئ مدعو للمشاركة فى هذا السباق. ومع أن هناك من يرضى بموقعه من الحياة قانعاً بمساهمته لكن الأمر يختلف تماماً بالنسبة لرجل يفكر ويشعر بوجوده.

ثم يمضى يصف الجواب الذى توصل إليه:

بمعزل عنا، مثل هذا العالم الضخم القائم مستقل عنا نحن البشر لغز كبير عظيم يكون فى أضعف الحالات مفهوماً لتأملنا وتفكيرنا. أما مثل هذا التأمل فى هذا العالم وإطلاق العنان للتفكير فيه فهو نوع من التحرر سرعان ما لاحظت أن كثيراً من عظماء الرجالات اللذين نالوا آيات من التقدير والإعجاب بها قد وجدت حرية الذات فيه. لذا، وبشكل نصف واع نصف غير واع، مَثَّلَ هذا الفهم العقلى لهذا العالم من حولنا خلال

ما لدينا من قدرات أسمى أهداف حياتى. وعلى غرار مماثل فإن هؤلاء ذوى القدرات والمواهب الخاصة من أهل الماضى والحاضر، بما قدموه من رؤى وإنجازات، لهم أصدقاء لا يمكن للمرء خسارتهم.

عندها قررت أن أتبع درب الرجل وأسير على نهجه لأكون أحد منظرى الفيزياء. وعلى الرغم من أنه لم يكن قد خطر ببالى من قبل العمل بالعلم فإننى اتخذت قرارى ذاك المساء أن أكرس حياتى بأكملها لإكمال بحوثه فى قوانين الطبيعة – تقودنى فى ذلك الرؤية المتهورة التى تسود المراهقة وتجعل من جميع المشاريع المستقبلية أمراً ممكنًا. بل على الرغم من أنى لم أدرس فى حياتى مقرراً للفيزياء فإننى شعرت أن بمقدورى القيام بهذا الأمر لذا حملت على عاتقى مشروعى الرئيس غير المكتمل وهو التوصل إلى بديل أكثر عقلانية وشمولاً لنظرية الكم ووضع ذلك موضع التنفيذ باستيعاب فيزياء الكم بوصفها نتيجة لبنية الزمان والمكان. ولا يسعنى اليوم سوى الاندهاش والتعجب إذ جمعنى هذا الكتاب بآينشتاين آنذاك حيث صار هذا البحث أساس عملى العلمى من ذلك الحين.

بدأت على الفور أعلم ذاتى الفيزياء متخذًا من آينشتاين معلمى الخاص، ثم توصلت بعد ذلك إلى كتاب يحتوى الأوراق الخاصة بالنسبية وقرأتها جميعها. مازلت أذكر جيداً قراءة عمل آينشتاين عام ١٩٠٧م حول مبدأ التكافوء فى مترو الأنفاق وهذه الصدمة حين استوعبت حجته لانحناء الضوء. وفى هذه الأثناء وصلنى دليل من معهد MIT مكننى من تصور إطار لكيف يمكننى تعلم الفيزياء ثم التقدم بعد ذلك لدراسات العليا فى مدرسة (كلية) للفيزياء. ولحسن الحظ أقنعنى عالم الرياضيات ويليام لاركين، أحد أصدقاء العائلة، أنه سيكون من الأفضل لى الالتحاق بالجامعة. كنت حينها قدمت أوراقى بالفعل إلى جامعة هامبشاير فى أمهرست بماساشوتس، وذلك على خلفية اهتماماتى القوية بفن العمارة. لكن ثمة موقف حدث فى الطريق إلى MIT حيث قابلت أستاذ الفيزياء الجديد هربرت برنشتين الذى أمضى فترة ما بعد الظهر بكاملها متصنعًا جهله التام بالنسبية العامة تاركًا لى كامل المساحة للحديث. أقنعتنى هذه المحادثة وخطاب آخر أرسله إلى فيما بعد أننى اهتديت إلى أستاذ حى – ولاشك أنه

بدون هذا المعلم لم أكن لأتعلم الكثير عن كيفية القيام بالكثير من عمل البحث الفيزيائى. ثم التحقت فى ربيع هذا العام بمقرر دراسى عن النسبية العامة يدرسه بول إيسبوسيتو فيما مثل بداية تعلمى الحقيقى للفيزياء. والفكرة هنا أنه ليس هناك الكثير من الفيزيائيين الذين بدءوا بتعلم فيزياء النسبية العامة ثم استوعبوا ميكانيكا نيوتن على ضوء الأولى. لكنى أحسب أن واضعى المناهج فى المستقبل سيكون لديهم اهتمام كيف تجرى الأمور فى هذه الحالة.

وضع الأستاذ بيرنشتين منهجًا ثوريًا يبدأ بتدريس ميكانيكا الكم للطلاب فى سنتهم الأولى ثم اشتقاق الميكانيكا الكلاسيكية منها فى مقرر لاحق. وبالنسبة لى فإنى كنت قد علمت بفيزياء الكم عبر التناول النقدى لآينشتاين لها فى "ملاحظات حول السيرة الذاتية" ثم بعد ذلك خلال قراءة مقال آخر فى ذات الكتاب بقلم نيلز بور حول جدالاته مع آينشتاين وبهذا وقفت على التناقضات حول تفسير الأمر قبل أن أعرف بالتفاصيل. وكنت أيضًا متلهفًا لتعلم النظرية ذاتها وساعدنى البروفسير بيرنشتين فى ذلك ولم ينأ عن ضم هذه التناقضات فى المقرر الدراسى على العكس من كثير من الأساتذة.

ثم تناولنا فى نهاية المقرر ورقة ١٩٣٥م التى كتبها آينشتاين وبودولوسكى وروسن ليطرحوا خلالها عدم تمام ميكانيكا الكم. إنها الورقة التى تناقش ظاهرة وجود جسمين متشابكين بشكل لا يصدق بمجرد تفاعلهما معًا. مازلت أتذكرنى أقرأ الورقة فى حرم الكلية بعد ظهر أحد أيام الربيع وكيف هزتنى بقوة جدًا فكرة أن ذراتى متشابكة مع كل ذرات كل شخص لمسته ذات مرة.

أعدت قراءة هذه الورقة ورد بور عليها مرات كثيرة حيث كان فى غرفتى ركن غريب يلتقى فيه السقف بالجدران بزاوية غريبة تعودت أن أجلس محدقًا إليها أفكر فى تشابك الجسيم. ووجدت فى المكتبة تقريراً عن مؤتمر سولفاى ١٩٢٧م يشمل أيضًا "الجدالات بين آينشتاين وبور ومناقشاتهما مع زملائهما حول نظرية الكم". قرأت التقرير حرفًا حرف بمنتهى العناية والدقة وعلى الرغم من أن تفكير بور مذهل فإنه

غير مقنع فى النهاية أما أينشتاين فقد أقنعنى أن ميكانيكا الكم غير تامة وأن هناك ثمة حاجة لنظرية جديدة تحل محلها ومازالت هذه وجهة نظرى.

لم يداخلنى شك أن آينشتاين على صواب وعلى الرغم من احترامى لهؤلاء اللذين يختلفون معه فى الرأى فإنى أجد تفكيرهم غير مفهوم فى الأساس. وبقدر ما أحاول الوقوف على ما يقصدونه فإنى أجد تأكيدهم أن الطبيعة بالفعل كمية موجهة فى مكان مركب مكون من عدد لا نهائى من الأبعاد بذات درجة سماجة كون أرسطو المكون من دوائر تحوط السماء ومركزية الأرض. هل حقيقة الأمر أن مرد القياسات التى تعود بقيم محددة إلى أسلوبنا نحن؟ وهل انتظر الكون ١٤ بليون سنة من أجل أن يتمكن من انحدار القردة العليا ليجرى تجاربه قبل انهيار دالة موجته؟ هل المسألة برمتها معلومات فى انتظار من يفك شفراتها؟ لقد أمضيت حياتى بكاملها مع ميكانيكا الكم ومازلت أستوعب منها القدر ذاته الذى تعلمته فى أول سنواتى لذا وجدت بعض العزاء فى حقيقة الحال كان كذلك مع آينشتاين هو الآخر.

منذ ذلك الحين، أصبح آينشتاين نوعًا من الرمز الخيالى بحيث صار إصراره على الوضوح والبحث عن سبيله إلى الحقيقة – استناداً إلى اعتباراته وأحكامه بغض النظر عما يقوم به الناس من حوله أو فيما يفكرون – هما مبادئ وملامح نموذجى الذى احتذيت به. وألهمنى استقلاله الفريد أن هناك على الأقل فرصة للنجاح فى مجال العلم خلال الوقوف على طريقتى الخاصة فى الحياة.

ينبغى عليَّ فى الوقت ذاته الاعتراف أن حياتى العملية لم تكن ممكنة سوى لأنى لم أسر على درب آينشتاين وفارقت خطاه. فلو أنى اتخذت ذات المنحى من النقاء الأخلاقى فى التعامل مع الفيزياء ورفضت العمل على فيزياء الكم حيث وجدتها غير مقبولة، فأصررت بالتبعية على العمل على الخروج بنظرية بديلة، لكنت الآن أعانى على الأرجح المصير نفسه الذى لاقاه وهو ما عنى ألا يكون لى موضع أكاديمى بعد التخرج. بل اتخذت مسلكًا أخر. فلقد قررت أن الهجوم المباشر على نظرية الكم لن يعود سوى بالنذر اليسير علميًا أو احترافيًا لذا قررت عوضًا عن ذلك الانطلاق إلى

مشكلة دمج نظرية الكم مع الجاذبية. ولما كانت الجاذبية هى القوى الفيزيائية التى لم تدمج بنجاح فى ميكانيكا الكم فإنى شعرت أن المفتاح لنظرية بديلة سوف يأتى فى الغالب من محاولة لتوسيع ميكانيكا الكم لتشمل الجاذبية والنسبية العامة. لاشك أن هذا أمر كان من شأنه أن ينتزع أعلى ضحكات آينشتاين الساخرة من أعماقه ولا أحسب أن النجاحات الجزئية التى حققناها حتى اليوم كانت لتغير موقفه.

بينما كنت أفارق درب آينشتاين إذا بى أمامه. فلقد تخرجت فى هارفارد وهناك تعرفت على امرأة درست تاريخ العلم وفلسفته واتفقنا سوية على دراسة أوراق آينشتاين الأولى بترتيب كتابته إياها. كانت الهيئة الوصية على تركة آينشتاين، ولأسباب تقتصر معرفتها عليها، قد حجبت نشر كتاب من شأنه أن يكون له أكبر الأثر على نشر تأثير آينشتاين وهو كتاب شامل يحتوى كافة أوراق آينشتاين العلمية الرئيسة مترجمة إلى الإنجليزية. لكن معرفة صديقتى بالألمانية مكنتنا من قراءة هذه الأوراق وهو ما دعم التعليم الذى كنت أخوضه فى دراستى لمجال نظرية الكم.

علمتنى هذه الأوراق بعضًا من جوانب أسلوب آينشتاين العلمى. وأحد الأمور التى نادرًا ما جرى تقديرها فى آينشتاين الشاب، غير القادر على تأمين وظيفة فى مجال تخصصه، أنه كان بارعًا بحق فى الفيزياء النظرية. كانت رياضياته بسيطة فى أغلب الأحيان وحججه ملؤها الثقة والدقة وبنية مقاله مثالية يحتذى بها تخلو من الحشو الزائد أو التكرار أو تراكم الأمثلة والأدلة. فآينشتاين يمتاز بمقدمات موجزة قصيرة تصيب الهدف ثم يمضى مباشرة إلى ذكر نتائج التجارب دون أن يتعمق فيها ويسهب فى أمورها. لذا تحمل كل ورقة حجة بسيطة لكنها عميقة قوية التأثير دائمًا ما يدعمها حساب بسيط يقود إلى استنتاج مفاجئ لكنه استنتاج قوى وواسع المدى. لذا يمكن القول بأن قراءة هذه الأوراق يماثل بشكل ما النظر إلى أعمال بيكاسو أو مشاهدة مسرحية لبيكيت أو بريخت. هنا يكون السر فيما يحجب وما لا يذكر وبهذا يكون بمقدور هذه الأسطر القليلة أن تأتى بتأثيرها علينا.

إن هذا الأسلوب المتواضع مؤثر لأقصى درجة مع هؤلاء الذين يستوعبون حقاً مجريات الأمور ذلك أنه بينما يستطيع المرء استخدام رياضيات أكثر عمقاً أو يجرى المزيد من الحسابات أو يبدى المزيد من التحكم بالتفاصيل فإن السبيل الوحيد الذى يمكن المرء مجاراة آينشتاين هو أن يفكر بطريقة أفضل - وهذه ليست مسألة تعليم. بل إن التفكير الجيد أصعب من أى شىء آخر يقوم به المرء وذاك هو السبب رواء لماذا قد يفعل الكثيرون منا أى شىء لتفاديه. فعلينا أن نواجه هذه الحقيقة غير المريحة أن شخصاً واحداً، وبعد أن أخفق فى بحثه عن وظيفة أكاديمية، استطاع خلال مشيات على الأقدام أو الجلوس بمفرده فى غرفته فى وقت فراغه الذى تمكن من اقتناصه من عمله وأسرته، أن يحرز فى خمس سنوات تقدما فى العلم يفوق ما حققه الآلاف من منظرى نظرية الوتر فى العشرين عاماً الأخيرة وهم يجلسون آمنين مرفهين فى أفضل ظروف ممكنة فى أفضل جامعات العالم وومعاهده.

هذا هو آينشتاين الذى أود لو عرفته بالفعل - ليس ذلك الحكيم العجوز الذى يحمل مصوراً أو نحات قسمات وجهه الحزينة بل ذلك الشاب نو الحياة العاطفية المرتبكة الذى أخفق أن يؤثر فى معلميه لكنه كان يمضى بثقة ليعيد صناعة العلم. وليس لدينا سوى صور قليلة له وهو يرتدى بذلته جالساً إلى مكتبه بمكتب تسجيل الاختراعات ببيرن، على الرغم من الفم الحزين فإن عينيه تبدوان خطرتين بل حتى غير متمدنة. أنظر إلى عينيه فلا يسعنى معرفة من هو أو ما إذا كنت سأحبه. لكنى أعرف ما يكفى لمعرفة أننى ليس بى شىء منه، حتى لو أعطانى جزءاً صغيراً من سعيه الشفهى وراء المعرفة ليكون هدفاً لحياتى.

مع أننى أعيش فى زمن أسعد وأحسن حظاً لكنى أشك أن أكون أسعد منه. وعلى الرغم من أن ذلك مستحيلاً فإنه لو عاد آينشتاين إلى الحياة فإنى لا أعرف إن كان سيهتم بشكل أكبر بذلك القليل الذى استطعنا - أنا وزملائى - إضافته إلى مشروعه غير المكتمل بدرجة تفوق أى شكل من الإقرار والتقدير الذى يمكن أن تقدمه مهنتى.

آينشتاين والواقعية

أنطونى زيلنجر

أنطونى زلينجر هو أستاذ الفيزياء التجريبية بجامعة فينا والتى تتسع اهتماماته لتشمل التشابك الفوتونى ومقياس تداخل أمواج المادة ونظرية معلومات الكم. وهو أيضا أحد محررى "فيزياء نظرية الكم للمعلومات: تكويد الكم" و "النقل التزامنى الكمى". و"حوسبة الكم" و"ما يمكن التعبير عنه كميا وما لا يمكن: من بيل إلى معلومات الكم".

على غرار الكثيرين، فُتنت بآينشتاين منذ كنت حدثا صغيرا فى مقتبل العمر. لكن عندما قادتنى الأيام فى المدرسة الثانوية وسمعت بتجربة ميكلسون مورلى التى تدحض وجود الأثير - هذا الوسط المفترض لنقل الضوء - وعندما تعلمت كيف حل آينشتاين لغز عدم وجود الأثير خلال تطويره النظرية النسبية الخاصة، تغيرت حياتى بأسرها. اتخذت قرارًا أن أصبح فيزيائيًا. إننى ما زلت أذكر حتى اليوم هذه الإثارة والفرحة التى غمرتنى عندما استوعبت الأمر فجأة وأنا جالس بعد ظهر يوم أحد مع والدى وأختى فى منتزه لانيزر تيرجارتن بفينا - حديقة ألعاب كانت أرضًا للصيد لآل هابسبرج. لقد حدث الأمر فجأة فى لمح البصر كومضة البرق. ففى برهة لا تقاس، أدركت كيف يمكن أن يكون العالم غريبًا جدًا لدرجة أن سرعة الضوء هى ذاتها ثابتة بغض النظر عن سرعة حركتى أنا، الملاحظ، أو سرعة مصدر الضوء المتحرك.

لكن الأمر المدهش فى الموضوع حقًا هو الفكرة القائم عليها وهو أن لا تقبل شيئا كمفهوم فيزيائى إلا ما هو قابل للقياس أى ما يمكن ملاحظته من الأمور.

لذا فإن الوقت هو ما يقاس بالساعات - وليس هناك من سبيل للقول، بينما تمضى متحركًا، ما إذا كانت ساعتك تمضى أسرع أو أبطأ من الساعات الساكنة. لذا فإنه ليس هناك من سبب لأن تبقى الساعات المختلفة فى حركتها على الوقت نفسه وهو الاختلاف الذى تنبأت به النظرية النسبية.

علمت بعد عدة سنوات أنه يمكننا النظر إلى فكرة آينشتاين على أنها حالة خاصة من مبدأ عام طرحه الفيزيائى الفيلسوف النمساوى إرنست ماتش وهو أن أى قول فيزيائى لابد وأن يكون قول فى العلاقات بين الكميات القابلة للملاحظة. لذا فإنه لا يسع المرء القول بأن ساعة أمامه تسير أبطأ أو أسرع بالنسبة لمقياس مطلق ذلك أن الزمن المطلق، كما افترضه إسحاق نيوتن فى القرن السابع عشر، غير موجود. بل ليس بوسعنا سوى الحديث عن سرعة حركة الساعات المختلفة كل بالنسبة للأخرى اعتماداً على ما إذا كانت متحركة أو ساكنة بالنسبة لبعضها. فمفهوم الوقت المطلق لا يتحقق ولا يصبح ذا معنى ما لم يكن هناك سبيل لملاحظة الحركة المطلقة وبما أنه ليس هناك من سبيل لهذا فإن هذا المفهوم غير قائم.

بدا مفهوم ماتش فى عينى أساساً للفيزياء بأسرها. فالفيزياء - ومثلها فى ذلك سائر العلم - يجب ألا تقدم أى أحكام أو استنتاجات حول أى شىء إلا إذا كان بالمقدور ملاحظته ولو بشكل غير مباشر ويجب أن تكون هذه الأحكام حول كيف ترتبط الملاحظات المختلفة ببعضها البعض. ولقد أخذتنى المفاجأة تماما بعد سنوات طويلة من الدراسة كون آينشتاين لم يطبق هذا النهج، الذى حقق نجاحا باهراً مع النظرية النسبية، على فيزياء الكم أيضًا. فبدلا من قصر القبول على المفاهيم التى يمكن التأكيد عليها خلال الملاحظة، فإن آينشتاين أصر على وجود حقيقة سابقة على الملاحظة مستقلة عنها.

تعلمت فيزياء الكم متأخراً جداً. فلم أمض ساعة واحدة فى فصل دراسى يتناول فيزياء الكم أو نظرية الكم. فمقررات الفيزياء فى جامعة فينا آنذاك (الستينيات) كانت حرة جداً حيث لم يكن بالضرورة الحصول على البكالوريوس أو الماجستير بل تنطلق

مباشرة إلى أطروحة الدكتوراه. ثم تخضع لاختبار نهائى مطول يقيس معرفتك بالفيزياء بغض النظر عن مصدر معرفتك أو من أين اكتسبتها. ولحين هذا الاختبار لم أكن قد تعلمت شيئًا عن فيزياء الكم إلا من الكتب والحق أننى لا أعرف ما إذا كانت هذه ميزة أم لا. لكننى سرعان ما فتنت بها لجمالها الرياضى الأخاذ. لكننى شعرت أيضًا أن هناك ثمة أمرًا ينقصنى حيث لم تتعرض هذه الكتب للموضوعات الفلسفية الأساسية التى أثارتها نظرية الكم سوى فى نذر يسير.

لكن ذلك تغير ثانية بعد عدة سنوات عندما اطلعت على أعمال آينشتاين فى مؤتمر عقد فى قرية إريس الصقلية الجميلة عام ١٩٧٦. جاء المؤتمر تحت عنوان "نفكر فى الفيزياء" و نظمه جون ستورات بيل وبرنارد دى سبجانت حيث كرس لأساسيات فيزياء الكم. وهناك سمعت لأول مرة بمفارقة آينشتاين – بودولوسكى – روسن (EPR). كانت هناك أحاديث عن الواقع والمتغيرات الخفية والتشابك. وكثرت المناقشات والمعارك الفلسفية وعلا صوتها وملأ غبارها الأجواء لكننى لم أفهم شيئًا نهائيًا وأحسست بدوار يتملكنى. لقد كان الأمر برمته جديد تمامًا بالنسبة لى لكن جذوة اهتمامى وإثارتى كانت قد اشتعلت.

قرأت ورقة أينشتاين – بودولوسكى – روسن التى طرح فيها التشابك لأول مرة عام ١٩٣٥، لكننى لم أستوعب سوى نزر ضئيل. لكننى اليوم على دراية أن الورقة اشتملت على مشكلتين على الأقل. أولهما هى الأسلوب المعقد الذى كتبت به لدرجة أن آينشتاين عبر عن أسفه فى خطابه إلى شرودينجر فى العام نفسه، أن الفكرة الرئيسة للورقة ظلت مختفية كامنة بين جبال المعرفة الواسعة التى حملتها الورقة. أما المشكلة الأخرى، والتى على الأرجح يعرفها كل فيزيائيى العصر الحديث ممن قرأوها، فهى أن الورقة تحتاج أن يحشد المرء كل قدراته وكوامنه الكمية لكى يستطيع الإلمام بها. فإذا كان المرء على وفاق مع كيفية عمل فيزياء الكم فإن استيعاب EPR طريقة تفكير هذه الورقة يتطلب مجهودًا كبيرًا. وعلى كل حال فإننى بدأت أستوعب ببطء هذا التحدى الذى أتى به التشابك لأفكارنا القائمة عن الواقع.

دائمًا ما يساء فهم وجهة نظر آينشتاين حول فيزياء الكم. وأنا أرى أنه لابد من ذكر فضله لعمق بصيرته ونفاذها حتى وإن اتضح فى النهاية أنه كان على خطأ. فلابد وأن يذكر فضله لأنه أشار إلى المفاهيم الهامة المرتبطة بكيف تصطدم فيزياء الكم مع طرق تفكيرنا المتوارثة عن كيفية سير الكون. ولابد أيضًا أن ينال ما يستحق من فخر وتكريم ذلك أن المواضيع التى أثارها كانت منشأ الكثير من التجارب التى تضع أسس تكنولوجيا معلومات جديدة تشمل مفاهيم مثل تكويد الكم والنقل التزامنى الكمى وحاسوب الكم.

على الرغم من أننى علمت منذ فترة طويلة أن آينشتاين واقعى - حتى إن البعض ليجدونه واقعيا عنيدًا - فإننى لم أكتشف سوى مؤخرا كم كانت واقعية وجهة نظره فى الفوتونات منذ بداية حياته العملية وهى وجهة النظر التى طرحها فى ورقة بحثية مشهورة قدمها عام ١٩٠٥ تحت عنوان "وجهة نظر مشجعة حول إنتاج وتحويل الضوء". على أن هذا الجانب من الورقة ليس معروفًا على نطاق واسع. فالورقة ينظر إليها بشكل عام على أنها نقطة بداية لفكرة الفوتون حيث تحدث فيها آينشتاين عن كمات الضوء. (أما اسم فوتون فلم يظهر سوى عام ١٩٢٦ على يد الكيمائى الأمريكى جليبرت ن لويس).

كما أشرت، فإن هناك ثمة إساءة فهم شائع لهذه الورقة ينبغى تصحيحه. فوجهة النظر الدارجة أن آينشتاين توصل إلى فكرة الفوتون خلال تحليل للتأثير الكهروضوئى لكن الحقيقة أنه اتخذ سبيلاً أكثر رقيًا ودقة حيث قارن بين أنتروبية (غاز محبوس فى حجم ما مع أنتروبية إشعاع داخل تجويف ما كما اشتقها ماكس بلانك قبل خمس سنوات (حيث الأنتروبية هو مقياس لاضطراب وفوضى النظام). أما الآن فيسهل فهم أنتروبية الغاز المثالى. فباتباع خطوات لودفيج بولتزمان يتم التوصل إلى الأنتروبية خلال احتمالات وجود جزئيات غاز فى حجم معين وعليه كلما زاد مقدار الغاز المحبوس كلما قل الحجم المتاح أمام الغاز ليملأه وكلما قل الأنتروبية. وعندها لاحظ آينشتاين أنه فى حالة الإشعاع فى تجويف فإن الإنتروبيا يتنوع مع الحجم بذات الطريقة. لذا فإن آينشتاين افترض خلال هذا التماثل الذى وضعه أن الإشعاع لابد وأن يتكون

بدوره من جسيمات - كمات الطاقة كما أطلق عليها. عندها فقط، وباستخدام هذه الفكرة، يمضى آينشتاين يحلل التأثير الكهروضوئى ويجد توافقًا مع الملاحظات التجريبية.

إن آينشتاين يتخذ موقفا واقعيا إلى درجة بعيدة جدًا عندما يفترض أن "طاقة شعاع الضوء المنتشرة من نقطة مصدر ليست موزعة فى فضاء مكانى متزايد اطراديا وإنما يتكون من عدد محدود من كمات الطاقة تتحرك دونما انقسام أو تفتت متخذة مواقع لها فى الفضاء المكانى". أما اليوم فإننا ندرك أن القول بوجود أى شىء ذى مواقع فى الفضاء المكانى لهى فكرة تثير الكثير من المشاكل وأنها بالنسبة للضوء ليست سوى استحالة نظرية. فلقد تعلمنا فى فيزياء الكم أنه لا ينبغى لنا خلع هذه الصفات إلا مع النظام الذى لوحظت عليه هذه الصفات على مستوى التجربة بالفعل.

دائمًا ما يعد من سوء التمييز القول بأن لجنة نوبل قد منحت آينشتاين الجائزة عن ورقة الفوتون لا عن النسبية الخاصة. لكن يظل من الواضح أن آينشتاين نفسه كان مدركًا للطبيعة الخاصة جدًا لهذه الورقة. فهاهو يكتب عنها إلى صديقه كونراد هابيكت "إنها ورقة ثورية جدًا تتناول الإشعاع وخصائص طاقة الضوء". وهو يأتى على ذكر باقى أوراق عام المعجزة - كتلك التى طرح فيها النسبية الخاصة وهذه الأوراق عن الذرات والحركة البروانية - إنما لم يصفها بأنها ثورية. لذا يبدو أن اللجنة قد منحته الجائزة عما اعتبره هو الأكثر ثورية.

دائما ما يصور انتقاد آينشتاين فيزياء الكم على أنه ناجم عن عدم كفاية فهم آينشتاين لها لكن حقيقة الأمر هى عكس ذلك. فوجهة نظرى أن هذا الانتقاد نابع من إدراكه العميق جدًا للمعانى الضمنية الهائلة للنظرية الجديدة على مستوى عالم الفيزياء. ولقد ساوره هذا القلق مبكرًا جدًا. وإننى لأجد من المؤثر جدًا أنه عبر منذ عام ١٩٠٩م عن عدم ارتياحه للدور الذى تلعبه العشوائية أو الصدفة فى فيزياء الكم - وهو الدور الذى يتجاوز بكثير دورها فى الفيزياء الكلاسيكية (وفى الحياة اليومية فى هذا الشأن). إن لهذا كله له معنى مميزًا خاصًا فى ظل أن الأمر تتطلب حتى ١٩٢٥-١٩٢٦ حتى اكتملت جوانب نظرية الكم وكتب لها النجاح على يد وارنر هيزنبرج وإروين شرودنجر.

لا شك أن اكتشاف أن فيزياء الكم لا تقدم سوى تنبؤات احتمالية (عدا بعض الاستثناءات محدودة الأهمية) لهو أعمق الاكتشافات الفلسفية للعلم. على كل حال فإن رحلة العلم على مدار القرون المنصرمة كانت بحثًا عن أسباب. وبعد قرون من مزيد البحث والتقصى حانت وقفة أخيراً. فالحدث الكمى يقع بالصدفة. إذن ليس هناك من سبب خفى أو مسبب وراء الأكمة. لكنه لا يسعنا التوافق مع هذه العشوائية. فما أن يحدث شيء حتى نتساءل لماذا جرى الأمر على هذا النحو وليس بشكل آخر؟ بل ولا نذوق للراحة طعما أو نجد للاطمئنان سبيلا حتى نصل إلى إجابة ما بغض النظر عن عدم قناعة هذه الإجابة. أما الآن فخرجت علينا فيزياء الكم فجأة بأحداث تحدث من تلقاء نفسها - تحدث دونما أى سبب بعينه. ولقد أزعج هذا آينشتاين حتى أنه هب معترضا أنه إذا ظلت هذه العشوائية بين ظهرانينا فإنه عما قريب سيعمل بإحدى الكازينوهات لا فيزيائى. لذا فإنه لمن المسلى بحق أنه بمقدورنا اليوم - واعتمادا على عشوائية مسار الفوتون بعد انقسام الشعاع - بناء مولدات أعداد عشوائية بمقدورها الخروج بمتتابعات من الأعداد العشوائية أكثر عشوائية مما أتى به أى لوغاريتم أو أى جهاز فيزياء كلاسيكية. لذا فإن فوتون آينشتاين قد يعمل فى كازينو يوما ما.

ذكرت أن آينشتاين نفسه كانت لديه تحفظات حول الكيفية التى كتبت بها ورقة بودلوسكى روسن. وبالنسبة لى أنا فإن موضوع التشابك قد شرح بشكل أفضل فى كتاب آينشتاين "ملاحظات سيرة ذاتية "المنشور عام ١٩٤٩م فى مجموعة المقالات المجمعة على يد ب أ سشيلب تحت عنوان "ألبرت آينشتاين الفيلسوف - العالم". فبالبدء من جسيمين متفاعلين فى وقت ما فى الماضى، فإن هناك مجموعة من القياسات تكون فيه نتائج كلا الجسيمين تامة الترابط التبادلى. لذا إننا إذا حددنا موضع الجسيم ١ فإننا نعرف بالضبط موضع الجسيم ٢ وإذا قسنا طاقة حركة الجسيم ١ فإننا نعرف بالضبط كمية حركة الجسيم ٢. لذا فإنه يتعين علينا، على مستوى ميكانيكا الكم، أن نضع للجسيم ٢ حالة كمية مختلفة بعد قياس الجسيم ١. لذا هى حالة ذات موضع محدد فى المثال الأول وهى فى المثال الثانى حالة ذات كمية حركة محددة. إذن "الموقف الحقيقى الواقعى للنظام س٢ مستقل عما يشهده النظام س١ المنفصل مكانيا عن الأول" وهى وجهة نظر آينشتاين. لذا فإنه يرى أنه نظراً لأننا نضع قيماً مختلفة للنظام س٢

اعتمادا على قياسات معينه أجريت فى النظام س١ ، فإنه لا يمكن أن تكون حالة الكم وصفًا كاملاً "للموقف الحقيقى الواقعى".

إن هذا النوع من التفكير بعيد عن الخطأ طالما افترضنا، وكما فعل آينشتاين ، أنه من المعقول التعامل مع الموقف الحقيقى الواقعى "لذاته فى ذاته - أى مستقل عن الملاحظة. لكن هل علينا وضع مثل هذا الافتراض؟ إننى أرى أنه لا يمكن تبرير هذه النظرة على مستوى غير عملى أى أنه لا يسعنا تعريف الحقيقة دونما اللجوء إلى الملاحظة التجريبية.

يظل الأمر الأكثر إثارة هو أنه قد تم وضع الأساس لمفاهيم جديدة فى تكنولوجيا المعلومات خلال البحث التجاربى فى أسس فيزياء الكم. ومثال ذلك أن دمج العشوائية الموضوعية مع التشابك يأتى فى القلب من مفهومين حديثين وهما التكويد الكمى كما فى بروتوكول إيكرت والنقل التزامنى الكمى. فاللاعبان (واللذان عادة ما يعرفان بأليس وبوب)، فى التشابك القائم على التكويد الكمى، يتشاركان فى أزواج متشابكة من الجسيمات (عادة فوتونات). فما أن تحدد أليس فوتونها ، فإنه ينتج واحداً من الاستقطابات المتعامدة وحالا ما يفترض فوتون بوب استقطاب مماثل. وبهذا يضمن التشابك أن تحصل أليس وبوب على ذات النتيجة العشوائية. لذا بعدما يتشارك الاثنان الكثير من الأزواج، فإنهما يصلان إلى متتابعة طويلة من الأعداد العشوائية والتى بمقدورهم استخدامها عندئذ كمفتاح لتكويد رسالة سرية. (وإلى جانب إثبات المتتابعة العشوائية، فإن عشوائية الحدث الفردى تتضمن إمكانية الإمساك بأى فرد يسترق السمع).

أما فى النقل الكمى التزامنى فإن هناك تطبيق مزدوج للتشابك. أولاً، أليس وبوب يتشاركان فى زوج من الفوتونات المساعدة المتشابكة يستبقان فى ذلك رغبتهما لنقل فوتون تزامنيا . عندها ستمسك أليس بالفوتون الأصلى الذى تود نقل حالته تزامنيا مع الفوتون خاصتها فى الزوج المساعد. وحالا ما ينقل هذا الإجراء المعلومات التى يحملها فوتون أليس الأصلى إلى الفوتون الخاص ببوب فى الزوج المساعد. ويشير الإجراء أنه تم حمل المعلومات بسرعة تفوق سرعة الضوء وهو ما يأتى على نظرية النسبية. ولحسن الحظ تأتى العشوائية الكمية لتنقذ الموقف. فلن يتأتى لأليس أبدا أن تبنى جهازًا قادرًا

على إجبار فوتونيها على حالة متشابكة بعينها - ولو حتى من حيث المبدأ. بل إن هناك أربعة احتمالات من الحالات المتشابكة وليس لها أدنى يد فى الحالة التى ستسود (سيكتب لها الوجود). إذن، ولمرة ثانية، نجد أنفسنا أمام عشوائية كمية تامة. واعتمادا على الحالة المتشابكة التى تحصل عليها أليس فإن بوب عليه أن يحرك جسيمه بطريقة بعينها لكى يصل إلى الفوتون الأصلى. وطالما أنه لم يحصل على نتائج أليس، والتى لا يمكن أن تفوق سرعة الضوء، فإنه لا يسعه الوصول إلى أى معلومات خارج الفوتون خاصته.

إنه لمن الهام والمثير أن نتحرى رد فعل آينشتاين تجاه حال فيزياء الكم فى يومنا هذا. فبينما سيسعد أن فوتوناته قد استخدمت بشكل لم يتخيله قط أحد من معاصريه إلا أن المشاكل الفلسفية والمفاهيمية صارت أكثر ملاحقة وأشد إلحاحا. فنحن ندرك اليوم أن الأحداث الفردية، على المستوى الميكروى منها على الأقل، عشوائية بحق، وأن ظاهرة التشابك الكمى تخبرنا أن ميكانيكا الكم لا يمكن أن تأخذ صياغة كاملة completable كهذه التى أرادها آينشتاين.

أما اليوم، وبينما ينحسر تأييد فكرة الواقع المستقل والسابق على الملاحظة ، فإنه قد يكون من المفيد أن نترك هذه الفكرة ورائنا. وعلى كل حال فإنه ليس هناك من سبيل للوقوف على أى شىء يخص الواقع يسوى بالملاحظة وأما مبدأ واقع غير قابل للملاحظة بعيداً عن متناولنا فهو مبدأ خالى من أى معنى. فهل هناك أى إشارة إلى واقع موجود بمعزل عن الملاحظة؟ وأنا أرى أن أقوى دليل على وجود مثل هذا الواقع سوف يكون شىء يتجاوز أى احتمالية أن يتأثر بنا لكن على كل حال يمكن ملاحظته. إننا لنلاحظ أن هذا الشىء موجود حقًا. إنه نتاج القياس الكمى الفردى والذى يقع خارج تأثيرنا تماما نظراً لأنه عشوائى تماما. وبهذا فإن ذات العشوائية التى بغضها آينشتاين بكل هذا القدر تحولت لتكون أقوى دلالة على الواقع المستقل الذى كثيرا ما نادى به. لكن يظل الحديث عن الواقع بدون إشارة صريحة إلى فعل الملاحظة لا معنى له. لاشك أن آينشتاين كان ليكره مثل هذا المفهوم الغريب للواقع.

مشية فى شارع مرسير

ستيفن ستروجاتز

ستيفن ستروجاتز هو أستاذ بمركز الرياضيات التطبيقية وقسم الميكانيكا التطبيقية والنظرية بجامعة كورنيل. ولقد أنجز رسالة الدكتوراه فى الرياضيات التطبيقية من جامعة هارفارد ثم نال منحة زمالة لما بعد الدكتوراه لمدة ثلاث سنوات بالمؤسسة الوطنية للعلوم. ولقد أمضى ما بين العامين ١٩٨٩ حتى ١٩٩٤ - عندما انتقل إلى كورنيل - يدرس فى قسم الرياضيات فى MIT. ولقد تلقى الجوائز عن كلا من تدريسه وأبحاثه فنال أعلى جائزة تعليم فى MIT، وهى E.M.Barker للامتياز فى تعليم الطلاب تحت التخرج، وكذلك جائزة الرئاسية لأفضل باحث شاب. وهو مؤلف SYNC: "العلم الناشئ من النظام التلقائى" والكتاب الدراسى" الديناميكا غير الخطية والفوضى".

مازلت أتذكر، أو هكذا على الأقل أحسب، المرة الأولى التى وعيت فيها بأينشتاين. كان ذلك فى الصف الثانى بمدرسة الشمال بتورينجتون بكونيكتيكت حيث كانت السيدة كروستون معلمة الفيزياء تأخذنا جميعًا إلى مكتبة المدرسة وتطلب منا أن نختار كتاب لنقرأه. ومع كل أسبوع، كنت أذهب إلى المكتبة وأمد يدى إلى رف الكتب تلتقط ذات الكتاب "الطاقة الذرية: كيف ولماذا؟"

مع أنه لم يكن مسموحًا لنا أخذ الكتب إلى المنزل، فإننى تمكنت مع القراءة المستمرة من حفظ الأجزاء المفضلة لدى. وكانت والدتى قد احتفظت فى ملف قديم

بواجباتى المدرسية التى تعود إلى هذه السنوات فى لفة من الأوراق الصفراء عليها بعض الخطوط الزرقاء كان بينها أول مقال كتبته فى حياتى.

مضيت أبحث عن هذه الورقة ووجدتها فى قاع صندوق فى علية المنزل. وجدت الورقة ويعلوها من الزاوية اليسرى ملحوظة بقلم رصاص بخط متذبذب "ستيفن، عمره سبع سنوات، أبريل ١٩٦٧م "وبعدها يبدأ المقال بخط كبير داكن "القنبلة الذرية "حيث هناك سحابة عيش غراب حول أحد حروف كلمة قنبلة m يعبر عن الذعر وباقى الحروف مكتوبة بخط مموج تقريبًا وقد أغفلت الحرف الأخير b. تلى ذلك خط أوضح وأصغر حيث شمل كل سطر جملة واحدة:

اخترع أينشتاين القنبلة الذرية

قنبلة واحدة بمقدورها تدمير نصف رود آيلاند!

نظرية أينشتاين $E=mc^2$

تلى ذلك أربعة سطور خالية وتعقيب رمزى بين قوسين عبارة عن صورة للقنبلة الذرية ومعها سهم يشير إلى رسم أشبه بالطوربيد فيما عدا أنه ذو رأس أحمر مركب عليه.

أما ظهر الورقة، والذى نسيته تمامًا، فكان محاولة لكتابة كتاب فى صفحة واحدة. جاءت المحاولة تحت عنوان "علم الطاقة الذرية "وشمل بعض المعلومات غير الصحيحة التى كانت تلقى رواجا واسعا "فها هى محطمات الذرة تشطر الذرات بسرعة عالية جدا تصل إلى ٣٠٠٠٠٠ فى غمضة عين" (١/٢ ٥٠٠٠ من الثانية) وإلى جوار هذه العبارة قائمة من العناصر تنبئ ما بها من أخطاء إملائية (بلاننيوم وبنتنيوم وراديوم يورانيوم وكوبلت وستويتيوم وترايوم) أنها كتبت عن ظهر قلب.

نظر أصدقاء والدى إلى الأمر بوصفه مسألة مرحة فلما كانوا يسألوننى ماذا تود أن تصبح عندما تكبر فأجيبهم: "أود أن أكون عالم فيزياء نووية "فكان الرد دائما: "أوه، إنك حتى لا تدرى كيف تنطقها!".

هنا بدأ آينشتاين لى سلاحًا يمكننى التباهى والتفاخر به حيث أدركت أن الجميع يرونه ذكيًا، بل ربما أذكى رجل فى العالم، لذا فإنه بالسعى أن أكون مثله فإنى سأكون ذكيًا أنا الآخر. هل كانت فكرة مثيرة للسخرية؟ أم هل كنت أنا غير منصف مع نفسى ذات السبع سنين؟ ربما أنه بينما كنت أحب العلم بشكل لا مثيل له وعشقت الموسوعات والكتب حول البرق والديناصورات فإن آينشتاين صار رمزا لهذا كله.

هناك مقولة قديمة "أعطنى طفلاً حتى يصير سبعًا، ثم انظر معى إليه رجلاً "لكننى ما أن أنظر إلى مسار حياتى حتى أندهش لضآلة التغير الذى طرأ عليها. فبعد سبع سنوات من المقال الأول لم أصبح إلا مهووسا بآينشتاين مفتونًا به إلى أبعد مدى. لا أتذكر لذلك سببًا محدداً لكنى أتذكر شعورى به كأحد أقربائى خاصة فيما يتعلق بإحساسه بالهم والحزن لحال العالم من حوله.

وضع باتش هوفمان سيرة رائعة عن حياة أينشتين تحت عنوان "ألبرت آينشتاين: مبدع وثائر "وقد مثلت هذه السيرة واحدا من أهم الكتب التى أثرت فى حياتى لسنوات. تبدأ السيرة بقصة يبدو أن آينشتاين كثيرا ما حكاها عن لقائه الفريد مع إبرة البوصلة. وعن هذا الموقف يكتب هوفمان:

عبر آينشتاين الهرم فى سيرته الذاتية بوضوح عن هذا الإحساس بالدهشة والعجب الذى سيطر عليه لسنوات عديدة: كانت هذه الإبرة قابعة أمامى معزولة تماما لا سبيل للوصول إليها ومع ذلك فإنها دوما فى صراع غير مرئى يجعلها تومئ مناضلة نحو الشمال. وبغض النظر عن أن هذه الإبرة لم تكن أقل ولا أكثر روعة من البندول الذى توجه دوما نحو الأرض فإن الأمر لم يأخذ ذات المنحى وكانت تتحدى صورة العالم الفيزيائى المنظم عنده . وفى هذا كتب آينشتاين فى سيرته الذاتية "إنى مازلت أتذكر، أو أحسب ذاك، أن هذه التجربة خلفت علىَّ انطباعا عميقًا".

إنه لمن العسير اليوم عند قراءة هذه الكلمات أن أتذكر ما شعرت به عندما قرأت هذه الكلمات وأنا فى سن الرابعة عشر من العمر. فلابد أن مجرد ذكر البندول قد أشعرنى بانقباضه فى صدرى ذلك أنه منذ عام فقط كان لدىَّ تصورى عن تناسق

الكون عندما وقفت على الارتباط الذى يمكننى الخروج به بين القانون الرياضى وحركة البندول. وشعرت بقشعريرة قوية تسرى بين أرجائى أنى شعرت بذات ما شعر به آينشتاين. فلابد أن هذه التجربة المشتركة من الاستيعاب الراقى المفاجئ لعالم خفى جعلتنى أشعر أنى قريب منه.

هل تسير الأمور على هذا النحو حقًا؟ هل يمكننى الوثوق بهذه الذكريات؟ لننظر معا كيف يعبر آينشتاين بصراحة عن معاناته مع غموض الذكرى فى اقتباسه. فهوفمان يتساءل ما إذا كانت هذه التجربة قد خلفت هذا الأثر العميق والباقى على آينشتاين فلماذا إذن يتردد بهذه الدرجة (وهو ما يبرز بقوله "أو هكذا أعتقد على الأقل"). ربما كان السبب وراء ذلك أنه دائما ما فكر فى حقيقة كل الأشياء وأنه وقف على أن التعبير المتناقض يمثل أحد الحقائق المحورية المتعلقة بالذاكرة - حيث هى دمج مستحيل بين الوضوح والتحديد من جانب وهشاشة هذا التحديد. وهذا التوتر أو المقابلة ما يحزننى الآن عندما أحاول تذكر أمور من الماضى البعيد. وهذا لماذا استعرت كلمات آينشتاين فى أول جمل هذا المقال.

أمضيت السنوات التالية على الدراسة الثانوية أقرأ كل ما تقع عليه يداى حول الفيزياء والرياضيات بدءًا من الشروح العامة للمفاهيم الدقيقة مثل نظرية المجموعة والنسبية إلى تاريخ العلم وفلسفته. كنت أغوص فى كرسى وثير بمكتبة المدرسة ذى لون برتقالى داكن حيث أسرنى عمل هائل تحت عنوان "عالم الرياضيات "وهو عبارة عن مجموعة من أربعة مجلدات من المقالات كتبها عباقرة مثل بونكاريه ونيوتن وبراتراند راسل. لقد كان هذا الكتاب يأخذنى إلى عالم سحرى بعيد وظللت فى الوقت نفسه أقرأ عن آينشتاين. أعجبتنى بساطته وإصراره ومثابرته على أن يفكر بذاته لذاته قابلا تحدى هؤلاء العمالقة الذين سبقوه. أعجبت بخيلائه خاصة. وفيما يرد أنه عندما سُئل عن كيف سيكون حاله إذا لم تؤكد ملاحظات كسوف آرثر إدينجتون توقعاته القائمة على النظرية النسبية العامة التى تقول بانحناء الضوء عند مروره بالقرب من الشمس بفعل الجاذبية فلم تكن إجابته سوى: "كنت لأحزن كثيراً لهذه السقطة حيث إن نظريتى صحيحة".

أقر هنا أننى لم أكن قادراً على فهم أفكار آينشتاين العلمية بأى عمق فى هذه المرحلة من حياتى لكن ربما لم يكن لذلك بالأمر ذى الأهمية. بل إن ما شغلنى بالأحرى هو ما تعلمته من دروس منه - حول كيف تتصرف كعالم وموقفك حيال الرب والسلطة وعجائب الكون وكيف تقاتل وكيف تكون عنيداً وكيف تثق بغرائزك وكيف أيضًا تقر بخطئك؟

كانت قصتى المفضلة حول معركته الملحمية مع نيلز بور فى مؤتمر سولفاى عام ١٩٣٠م حيث قدم تجربة ذهنية بدت وكأنها تدحض مبدأ هيزنبرج لعدم التيقن. وتصبب الجميع عرقًا بما فيهم هيزنبرج حتى جاء الإنقاذ البطولى على يد بور الذى قضى الليل متأملا ليخرج بالحل المنقذ فى اليوم التالى - ألا وهو أن آينشتاين فاته أمر ما حيث نسى تطبيق واحدة من أفكاره مفادها أن الساعة تشير بمعدل مختلف عندما توضع فى مجال جاذبية. وبذلك أُنقذ مبدأ هيزنبرج خلال ذلك التفسير بينما انقلب سحر آينشتاين عليه.

إن وقوع آينشتاين فى الخطأ لم يقلل من شأنه فى ناظرى، بل جعله يبدو أقرب بكثير - بل زاد من حبى له. وعندما كتب آينشتاين إلى أحد الطلاب: "لا تهتم لما يجابهك من صعوبات فى الرياضيات ولا تبتئس فإني أؤكد لك أن صعوباتى أكبر بكثير مما تعانيه" فإنه لم يكن يتظاهر بتواضع مزيف. فأينشتاين ولا شك قامة سامقة فى عالم الرياضيات لكن تظل هناك الكثير من الأمور التى لم يحط بها علمًا أو بدت له عسيرة مستغلقة دون الفهم والاستيعاب. ولقد كانت كل هذه أمور تبعث الطمأنينة بنفس مراهق يفتقدها.

لكن بقدر ما كانت هذه القصص مرحة مسلية فإنها كانت غير مرضية. فلقد أردت استيعاب أفكاره الحقيقية واتباع خط منطقه الرياضى خطوة بخطوة. ويعنى ذلك أن أمامى الكثير من الرياضيات لتعلمه.

فى إحدى الليالى أخبرت معلم العلوم السيد دى كوريكو أنى قرأت فى مكان ما أن آينشتاين انبهر عندما كان شابًا بشيء ما يعرف بمعادلات ماكسويل للكهرباء

والمغناطيسية وأنى لا أطيق صبراً حتى أتعلم ما يكفى من الرياضيات لفهم هذه المعادلات. ولما كنا فى مدرسة داخلية فإنا كنا نجتمع حول المائدة فيما أشبه بعشاء الأسرة حول منضدة كبيرة مع طلاب آخرين وابنتى السيد كوريكو وزوجته وكان الرجل يوزع البطاطس المهروسة . وما أن بحت له برغبتى فى روية معادلات ماكسويل إلا وقفزت على شفتيه ابتسامة لها من المعانى مالها وأعقب "هل تود رؤيتها الآن؟" لم يمهلنى أن أجيب وجذب أحد المناديل الورقية وبدأ فى كتابة رموز شفرية - ونقاط وعلامات ومثلثات مقلوبة - وسرعان ما أخذ يتحدث بعدة لغات دون أن يدرى. "ومن هنا يمكن الخروج بمعادلة الموجة.... وعليه يمكن تفسير ماهية الضوء. ممتلئ رغبة ورهبة بالمعادلات ذاتها وبإجادته التامة لها، نظرت إلى أستاذى نظرة جديدة. فحتى ذلك الحين كان الرجل هو معلمى ومدرب التنس وصديقى وناصحى. لكن الرجل كشف فى هذه الليلة على مائدة العشاء عن جانب آخر من نفسه، فهو يعرف معادلات ماكسويل تماماً وحق المعرفة. لذا كنت متأكداً أنه ليس هناك من حد لما يمكن تعلمه من هذا الرجل وقد صدقتنى الأيام حيث تعلمت فى السنتين التاليتين ما يكفى من الفيزياء والرياضيات لأقف على مشارف فهم معادلات ماكسويل.

ثم انتقلت إلى جامعة برنستون، حيث أمضى آينشتاين السنوات العشرين الأخيرة من حياته. وما أن وطئت قدماى المكان ولم تمض سوى أيام قلائل حتى نظمت زيارة إلى منزل آينشتاين الكائن فى ١١٢ شارع مرسير. كنت قد أقنعت عدداً قليلاً من زملائى الجدد ومضينا نتجول فى المكان حتى وجدنا أنفسنا فى النهاية أمام منزل أبيض بسيط ذى شرفة صغيرة ومصراعى باب باللون الأسود. وبقلب مرتجف ارتقيت درجات السلم وضغطت الجرس. فُتح الباب عن امرأة مسنة يخلو وجها من ابتسامة. هممت أنا ببعض الكلمات عن مدى إعجابى الشديد بالبروفسير آينشتاين فأجابت دونما ابتسام "هذا محل إقامة خاصة" مع تشديد فى نبرتها على حرف الـ r فى كلمة private.

أردفت قائلاً: "هل تسمحين لنا بالدخول لثوان؟" فما كان منها سوى أن أجابت بالرد ذاته وأغلقت الباب بلطف - لكن بحزم. أدركت فيما بعد أن هذه السيدة هى هيلين دوكاس مساعدة وسكرتيرة آينشتاين لأمد طويل.

على الرغم من هذا الموقف فإن التواجد فى جوار آينشتاين مثل لى تجربة هائلة. فآنذاك كنت أخيراً مستعداً لفهم عمل الرجل ولو فى صورته الأولى. ثم جاءتنى لحظة صدق وتفتح فى فصل الربيع الدراسى الذى كان مقرراً تمهيديًا عن الكهرباء والمغناطيسية حيث جرى تقديم معادلات ماكسويل. كان الكتاب المستخدم "الكهربية والمغناطيسية" الذى وضعه فيزيائى هارفارد إدواردم. بورسل هو أحد دواعى سرورى حيث كان كتابا رائعًا دقيقا ممتعًا وأفضل ما فيه هو أنه لا يبسط أمامك الحقائق ببساطة بل يعلمك التفكير كفيزيائى ومثال ما يعرضه بور سل أن قوة التنافر المؤثرة من إلكترون على آخر لابد وأن تمتد على طول الخط الواصل بينهما. كنت قد سمعت من قبل بهذه الحقيقة ودائما ما أخذتها بوصفها شيئًا واضحًا مفهومًا إلا أنه شرح الأمر بطريقة رائعة مميزة. فلقد قال إن الأمر ناتج عن انتظام وتجانس الخصائص والمميزات على محاور المكان – حقيقة أن المكان ليس له اتجاه مفضل. وحجته فى ذلك أنه إذا تخيلت إلكترونيين بمفردهما فى الكون فإن اتجاه واحد منهم سوف يميزه الخط الواصل بينهما وبالتالى فإن القوة لابد وأن تكون على هذا الخط. أى بعبارة أخرى تم إرساء تناظر المكان ذاته بعمق فى قوانين التنافر الكهربى.

لكن هذه لم تكن لحظة صدق، وهذا ما ذكره بورسل لاحقًا عندما تناول مشكلة التيار الكهربى الدائر فى سلك على شكل حلقة واسعة. كنا آنذاك تعلمنا الكهربية ولم نتعلم المغناطيسية. كان الأمر كان عكس ذلك نهائيا فيما يتعلق بالمغناطيسية حيث يطرح بورسل الحجة الزائفة فيرسم إلكترونين يتحركان نسبيا فى إطارين مرجعيين مختلفين أتيا بانكماش لورنتز (وهو ما يعد واحدة من أهم نتائج النسبية الخاصة التى درسناها فى مقرر الخريف) وهنا يوضح بورسل أن قانون أمبير للمغناطيسية ينبع من قوانين الكهربية عندما يجرى طرحها فى إسناد مناسب. وبشكل أبسط فإن الكهربية والمغناطيسية ليسا شيئين منفصلين بل إنهما خاصيتين لشىء واحد. لكنك ستدرك أنه ليس بمقدورك فهم هذه الوحدة الرائعة إلا عندما تقف على النظرية النسبية.

أدركت بعد ذلك أن وجهة نظر بورسل هى فى الواقع وجهة نظر آينشتاين. فالنسبية خرجت من رحم رغبة أينشتاين لجمع قوانين الكهربية والمغناطيسية مع قوانين الحركة. وهو ما تطلب إعادة صياغة كاملة لأفكارنا عن المكان والزمان - وهو ما يعرف الآن بالنظرية النسبية الخاصة.

هكذا كنت أقترب من آينشتاين على أنى لم أقم بذاك على المنحى العلمى. لم أصبح يومًا عالم فيزياء نووية أو حتى عالم فيزياء على الإطلاق حتى وإن كانت أغلب مقالاتى العلمية تنشر اليوم فى دوريات فيزيائية. ولقد حدث هذا التحول فى حياتى فى ذاك اليوم الذى وقفت فيه على أهمية بنى الدنا اللولبى المزدوج. فلقد دفعنى ذلك فى مسعى امتد فى رحلة عمرى فى محاولة لتطبيق الرياضيات على البيولوجيا والعلوم الاجتماعية ومجالات أخرى حيث تخرج أنظمة معقدة. لكنى لم أستطع الخروج من جاذبية آينشتاين الجاذبة وما أن عرفت بأمر التذبذبات غير المنتظمة التى يطلق عليها العلماء ضوضاء. حتى عاد آينشتاين ليبرز مرة أخرى بإسهاماته المبكرة فى نظرية الحركة البروانية والحساب الإحصائى ، وكذلك ثانية فى دراساتى حول كيفية تزامن الأنظمة الضخمة الهائلة بأفكاره حول الانبعاث المستحث التى بلا شك قادت إلى أشعة الليزر أو الإحصاءات الغريبة لجسيمات تسمى البوزونات والتى تدعم نظرية السيولة الفائقة والموصلات الفائقة لذا كلما تعلمت المزيد من الطبيعة كلما تجسد آينشتاين أمامى أكثر.

أشـياء وأفـكـار

بيتر جاليسون

بيتر جاليسون منصب أستاذ تاريخ العلوم والفيزياء بجامعة هارافارد، يبحث جاليسون متقصيًا العلاقات المعقدة بين الأعمدة الثلاثة المكونة للفيزياء – وهى التجريب والآلة والنظرية . وقد نال عام ١٩٩٧ زمالة مؤسسة ماك آرثر ثم نال عام ١٩٩٩ جائزة ماكس بلانك، وهو مؤلف "كيف تنتهى التجارب: الصورة والمنطق" و "ساعات آينشتاين: خرائط بوانكرية" .

جاءت أولى أفكارى عن آينشتاين – وربما أولى أفكارى على الإطلاق عن العلم – من جدى العظيم فرانك ألكساندر الذى درس بجامعة برلين ووصل إلى الولايات المتحدة فى نهاية القرن التاسع عشر. وفرانك ألكساندر سليل عائلة من المهندسين لكنه كان أول من تحول عن الهندسة المدنية إلى هندسة الكهرباء والراديو. ومع بدايات القرن العشرين عمل جدى فى معمل توماس إديسون بنيوجرسى ثم شغل عدة مناصب ثم أسس شركة صغيرة للكهرباء فى مانهاتن أنتجت العديد من الأجهزة الكهربائية التى تراوحت بين المصابيح إلى أجهزة قياس فرق الجهد العالى.

لذا ترجع بعض من أولى وأسعد ذكرياتى إلى معمل جدى بقبو منزلنا . فأسفل منزل يغص الكراسى الوثيرة ولوحات الزيت الرائعة هناك غرفة واسعة ذات إضاءة شاحبة مقسمة بحواجز من الرفوف المعدنية تمتد من أرضية الغرفة حتى سقفها تغص بالأميترات والفولتميترات والمفاتيح وآنية زجاجية ومواتير وملفات كهربائية.

ولمدة جاوزت العقد من الزمان - حيث توفى جدى وأنا فى الرابعة عشر من العمر - هذا الحصن الخفى الذى يعلوه التراب فكرتى ومخيلتى لما ينبغى أن يكون عليه المعمل العلمي. وما أن أتذكر هذه الساعات الطوال الذى قضيتها عابثا بمحتواها حتى يقشعر بدنى. كان بالمعمل ماكينة خراطة للمعادن والأخشاب كثيراً ما استخدمها لتصنيع المفكات وأعمال اللحام. وكانت هناك لوحة مفاتيح ضخمة على أحد الجدران كما لو كانت مأخوذة من معمل د فرانكشتين. وهناك أيضًا العديد من مصابيح النيون والفلورسنت ذات الأشكال المتنوعة مثل الزهور وأوراق الشجر وكان يملك ورشة للحام وهو شاب. كانت رائحة الأوزون تعبق المكان وكنت أحب هذه السمية الرائعة بينما كانت الشرارات الزرقاء تتطاير من الأقطاب على شكل بنادق لتنير مصابيح النيون الصغيرة. لقد بدا فى ناظرى عالمًا مبهجًا خلابًا - هذه الملفات الجميلة من سلك النحاس الرفيع التى تمكنت من صنعها مما لديه من أمتار من هذه الأسلاك وهذه التوصيلات من النحاس المنهية بشكل جميل التى تزين لوحات الباكليت السوداء.

كان جدى يذهب يوم السبت من كل أسبوع إلى غرفة موظف التسجيل المحترم بمكتبة نيويورك العامة حيث يبحر بين الإصدارات الأمريكية والفرنسية والألمانية ليقف على جديد الإنجازات فى مجاله. ثم يرجع بعدها إلى معمله ليخرج بشىء جديد تماماً.

وبمرور الزمن علق كل هذا معى ولازمنى كجزء من المستقبل التكنولوجى المتخيل، هذا العلم الذى يتحدث عنه الجميع - مثل العد التنازلى للصورايخ فى التلفزيون وكومبيوترات IBM - لكن لم يكن متاحًا بالنسبة لى. فمعمل القبو صار جزءًا من الماضى بحق بل إنى لعلى يقين أنه لم يعهد الترانزستور قط. وكذلك الحال مع مكتبة الدور الثانى- التى ومع ما تغض به من رفوف متراصة مثقلة بالكتب والمراجع والرسومات الدقيقة التى تحمل تعليقاته عليها فى الهامش بالقلم الحبر - فهى بالأحرى جزء من عالم أوروبا ما قبل الحرب العالمية الأولى. أو لنقل - إن تحرينا مزيد من الدقة - أنى كنت أرى مستقبل الماضى حيث كانت الأضواء الكهربائية والمحولات بمعمل إديسون بنيوجرسى قد حملت للعالم بشرى جديدة مليئة بالأمل لعالم ما بعد ١٩٠٠م.

ومهما كانت حقيقة الأمر فإنى كنت مهووسًا به ومنذ ذلك الحين امتد الأمر لكل ما هو كهربى.

يوما ما، بينما كنت فى الحادية عشر من العمر تقريبًا، صنعت حاسوبًا بسيطًا. كان شيئا ما موصول بشكل فوضوى بمفاتيح ومصابيح كهربية مثبتة على قطعة خشب قديمة. كان جدى آنذاك على وشك العمى فأتيته وهو جالس على كرسيه، وأخبرته بما صنعت بقطع النحاس والمسامير وهذه الأمتار من السلك البرتقالى. طلب أن يراها ومضى جدى - أول آينشتاين فى حياتى - يتلمس ببطء أمتار السلوك وتأكد من سلامة الوصلات وشرح لى بدقة كيف يمكن تبسيط الموضوع.

ثم مضيت إلى الصف السابع حيث حظيت بمدرس للعلوم يدرى حقًا بعض الأمور عن الفيزياء على العكس من سابقيه. جلست إليه وأخبرته بهوسى بالكهرباء والمغناطيسية وشرح لى خطوة خطوة ورويداً رويدا كيف استخدم آينشتاين أفكار رئيسية حول سرعة الضوء والساعات ذات الإحداثيات المتوافقة ليخلص إلى استنتاج مفاده أن قضيبًا متحركًا سوف يقاس أقصر مقارنة بقضيب ساكن وأن الساعات المتحركة تبدو أبطأ من تلك الساكنة بلا حراك. لقد كانت هذه لحظة رائعة مذهلة بما تعنيه الكلمة. كان الأمر سحرًا فى ناظرى فسهرت طوال الليل أنسخ الحجج مرات عدة ببطء كما ينسخ رجال الدين الكتب المقدسة ولازال بمقدورى تذكر نفسى أكتب Δx و Δt بقلم رصاص سميك على جوانب دفتر مذكراتى.

بالتأمل فيما مضى، أجد الأمر مفزعًا إلى حد كبير. فلم أكن أعرف شيئًا عن الفيزياء الكلاسيكية والحق أنى لم أكن أعرف شيئًا عن العلوم سوى كيف أشارك فى تصنيع (وأحيانًا تصليح) أنابيب الراديو المفرغة التى شحذتها من محلات تصليح الراديو المحلية. لكنى ظللت أعتقد أن حجة آينشتاين هذه هى أفضل ما قرأت فى حياتى حيث بمقدورك البدء من افتراضات بسيطة ثم تخرج بشىء جديد غير متوقع نهائيًا عن العالم.

وقعت فى غرام الفيزياء (وجاء ندمى الأكبر أن لم تواتنى الفرصة لأتعلم البيولوجيا).
لقد كان من الصعب سياسيًا التمسك بحلم بالفيزياء وأنت طالب فى المدرسة الثانوية بينما تخوض البلاد غمار ويلات الحرب فى فيتنام. بل توجه أصدقائى نحو العلم المادى الذى يخرج لهم قنبلة الشظايا. لذا علمت ذاتى الفيزياء معتمداً على أستاذ متفاهم عميق القدرات، مكبرات ومكثفات من صناعة ذاتية. فانتهى بى المطاف وقد تخرجت فى العام التالى فى باريس حيث أتاحت لى مدرسة البولى تكنيك العمل مع باحث رائع فى معامل فيزياء البلازما وكذا الحضور كمستمع فى مقرر الرياضيات حول التوزيعات والالتفافات كان يُدرسه عالم الرياضيات العظيم لوارنت شتراوتز. ولمرة أخرى، وفى الواقع حتى اليوم، انتبهت إلى حقيقة أن هذه الرموز على وجه الصفحة، هذه الرموز المجردة مرتبطة على نحو ما بمرسمة الذبذبات وأسلاك النحاس والماكينات على أرضية المعمل.

إن نقطة الوصل هذه بين التجربة والعينية الدالة على الشىء بالحواس قط ظلت الهدف الأول لأعمالى. فعندما كنت طالبًا فى باريس بدأت أقرأ أوراق آينشتاين متقصيًا هذا الاتحاد بين الآلة المفكرة والمفاهيم المجردة فوجدته قد فرض نفسه بقوة على كل وكامل أعمال الرجل. لكنى لم أكن أسعى فى هذا خلف آينشتاين الشهير ذائع الصيت بل آينشتاين الشاب المتمايز تمامًا عن الأول والذى تربى فى كنف شركة الكهرباء خاصة أبيه وعمه. هذا الشاب الذى أمضى سنى الجامعة متجاهلاً محاضرات الرياضيات التى يلقيها أساتذة عظام مثل هيرمان مينكوفسكى . وما إن عدت إلى الولايات المتحدة وبدأت دراستى بالكلية وقرأت كتاب "بينة الثورات العلمية" لتوماس كون و"أصول موضوعية الفكر العلمى" لجيرالد هولتون حتى اتضح لى جانبًا جديدا من عمل آينشتاين مرتبط بالتاريخ والفلسفة حيث وسعت هذه الكتب مدى العلاقات والارتباطات بين مختلف الجوانب وفتحت أمامى احتمالية التفكير فى فيزياء آينشتاين بطريقة جديدة جداً.

إن ما يبدو لى اليوم هوسًا عارضًا كان هدفًا عكفت عليه طوال سنوات التخرج حيث كنت قد عملت (وأنا فى معهد الدراسات المتقدمة ببرنستون) على مشروع نشر

أوراق آينشتاين الذى كان لازال فى أولى خطواته. لقد كان من المذهل الوقوف على كيفية اشتباك آينشتاين مع المناقشات المفصلة للاختراعات وبراءات الاختراع. كانت رسالة الدكتوراه خاصتى (والتى صارت كتابى الأول) تدور حول تاريخ العلم وفيها لجأت إلى عمل آينشتاين على الجيروسكوب (وهى بوصلة بحرية تحتوى على جيروسكوب) - وهى أسلوب غير مغناطيسى لتعقب توجه المرء - لأوضح كيف تقف الاهتمامات التكنولوجية خلف بعض من أهم تجارب آينشتاين الذهنية المجردة. لقد صارت الجيروكومباس نموذجا للذرة فى عينى آينشتاين وبهذا تلاقت الفيزياء الخالصة مع الهندسة التطبيقية.

قادنى هذا الاهتمام المسبق بهذه النقطة إلى عدة جوانب أخرى. صرت مهووسا بالمكتشفات detectors، هذه الآلات التى تترجم الأمور الصغيرة لدرجة غير المرئى إلى عالم أكبر حيث تقف تداخلاتها فى التفسيرات التراكيبية العظيمة على قدم المساواة مع نظرية الطاقة العليا. وهاهى الطاولة الكبرى فى معمل جدى - من بعده آينشتاين لاحقًا - أثارا داخلى اهتمامًا بعمارة المعامل. وكذا قادنى هذا الكون الكهربى الذى استوعبته من زمن بعيد فى معمل بمدينة نيويورك وأوراق آينشتاين موظف التسجيل إلى التعمق مؤخرًا فى الكيفيات المختلفة التى استخدم بها آينشتاين وهنرى بوانكريه فكرة إحداثيات الساعة وهم يصيغون أفكارهم حول نسبية الزمن.

بقدر إعجابى بآينشتاين العجوز - بقدر إعجابى به كرمز لشجاعته السياسية لمعارضة المكارثية والعنصرية والتسلح النووى، بذات القدر الذى أرى هذه الشجاعة خلف سعيه وراء نظرية المجال الموحد - إنه آينشتاين الشاب هو أكثر ما شغل اهتمامى. على أن هناك ثمة تحول فى حياة آينشتاين يسكر ارتباطى به (وإن كنت أتعاطف معه) - إنه خطوة أبعدته عن اشتباكه مع أمور الحياة وأفكارها الذى ميزه وهو عالم شاب. ولا أحسب أن هذا التغير كان فكريًا محضًا بل أحسب أن صعود النازية إلى سدة الحكم ونفيه من أوروبا كان لهما من عميق الأثر ما يفوق ما هو ظاهر للعيان فى أحاديثه العلنية. فبعد المحرقة، صار من المستحيل أن يعيد آينشتاين بناء ارتباطه بألمانيا،

بل ليس بألمانيا وحدها. بل أراه انسحب من العالم بمعنى من المعانى. بل يبدو أن علاقته الفكرية الغريزية مع الأشياء لم ينجو منها سوى الفكر فقط، بالطبع لم يكن هذا الرعب الذى اجتاح أوروبا هو السبب الوحيد لبعده عن المعامل بل إنه لمن السخرية أن اعتبرته أجهزة الأمن الأمريكية خطراً وتهديداً محتملاً لذا أبعدته عن أعمال الحرب الهامة (وإن كان قد أنجز بعض العمل على نظرية عمل الطوربيدات). ولاشك أن شهرته المتزايدة خلقت نوعاً من التوتر فى تفاعله مع غيره من الفيزيائيين. صحيح أن المعهد منحه المكان الذى يحتاجه حيث يستطيع التحدث مع قلة من الأصدقاء المنتقين خاصة كرت جودل إلا أن هناك فارق كبير بين التمشية على الأقدام فى المنفى وسنواته الأولى بما فيها من خضم الأفكار وتجارب معمل القبو حيث كان يجرى تجاربه على المغناطيسية ويعمل على النسبية العامة ويتقصى ميكانيكا الكم والجيروسكوب.

عندما أفكر فى آينشتاين ، دومًا ما يخطر ببالى معمل جدى العظيم وأنابيب النيون الرفيعة التى نضيئها بالشرارات. لقد كانت أثار عام ١٩٠٠ على يديه بينما هو يرنى كيف أصمم الدوائر وأجعلها تعمل بنجاح. وبذات المنوال، ليس هناك من شىء فى الفيزياء بأسرها جميل بقدر آينشتاين الشاب البسيط ذى التفكير الواضح إذ هو يخرج علينا بالنظرية النسبية الخاصة والنظرية النسبية العامة ونظرية الكم. بل إن أسلوب كتابة آينشتاين الشاب ليحمل تفكيراً واضحًا راقيًا يمس العالم من حولنا. فهو يتخيل رجل يسقط من السطح ومعه أدواته - وعند هذه اللحظة يضع يده على مبدأ التكافؤ. لذا فإنه وبعد كل هذه السنون مازلت أجد تجريد العالم المادى وإدخال الفكر تحت عباءة الفيزياء أمرًا يأسر كيانى كله.

من بيرنشتاين الطفل حتى أتت النسبية

جيرمى بيرنشتاين

يعمل جيرمى بيرنشتاين أستاذا فخريا للفيزياء بمعهد ستيفنز للتكنولوجيا. ولقد ظل لما يزيد عن ثلاثين عاما ضمن هيئة تحرير مجلة النيويوركر والتى قدم خلالها سيرًا رائعة لرواد الفيزياء أمثال آينشتاين وأى رابى وهانس بيث وج س. بيل. كان أيضا أستاذا مساعدًا بجامعة روكفللر وواحد من مجلس أمناء مركز أسبن للفيزياء. حفلت حياته بالعديد من المناصب فى معهد الدراسات المتقدمة و مختبر بروكاهفن الوطنى والمنظمة الأوروبية للبحوث النووية وجامعة أكسفورد وجامعة إسلام آباد ومدرسة البولى تكنيك بباريس. وله نحو عشرين كتابا منها "ألبرت آينشتاين وحدود الفيزياء ونادى هتلر لليوارنيوم وأخيرا "أوبنهيمار: بورترية لإنجيما".

نشأت فى أواخر الثلاثينيات فى روشستر بمدينو نيويورك، حيث كان يفد إليها أعداد صغيرة من اللاجئين اليهود. لقد كان هؤلاء هم سعداء الحظ اللذين تمكنوا من الفرار من أوروبا والقدوم إلى الولايات المتحدة. كانوا أناسًا ذوى مهارات معقولة يمكنهم أن يؤمنوا لأنفسهم فرص العمل. ولقد ساعدهم والدى، الذى كان كاهنا رائدًا فى روشستر، على الاستقرار. كان من بين من ساعدهم اثنان من علماء الفيزياء هما فيكتور فيسكوبوف وماكس هريزبرجر. أما فيكتور (أو فيكى كما هو معروف بين أوساط الفيزيائيين) فهو ذو مكانة وحماية وسيصبح فيما بعد نجم قسم الفيزياء بمعهد MIT.

قال فيكى بأنه قابلنى عندما أتى إلى روشستر عام ١٩٣٧ لكنى لا أتذكر الأمر حيث كنت فى السابعة من العمر آنذاك. أما ماكس هريزبرجر فكان إنسانًا مختلفًا. كان واحداً من خبراء العالم فى علم البصريات الهندسى وكتب أحد المجلدات حول الموضوع فى سلسلة سبرينجر الشهيرة المعروفة "بالصعاب الصفراء "و التى أطلق عليها كذلك حيث كانت تغلف باللون الأصفر وحملت صعوبة شديدة. كان ماكس قبل هجرته إلى أمريكا مصمم عدسات شركة زايس ثم صار مصمم عدسات كوداك إيست مان التى كانت موجودة فى روشستر. كان ماكس قد نال درجته العلميــة من برلين وكان ألبرت آينشتاين واحداً من المجموعة التى أشرفت على أطروحة الدكتوراه خاصته. ولقد أبقى على علاقته مع آينشتاين حتى وإن كانا فى قارتين منفصلتين.

أحب ماكس شرح النظرية النسبية لأى شخص وتحت أى ظرف، والحق يقال: إنه دائمًا ما أغفل جزئية الظروف هذه. بل إنه كان أحيانا يلجأ إلى الألمانية خلال شرحه دون أن يعى على ما يبدو أن محدثه يجهلها. وأحد القصص المشهورة فى هذا الصدد أنه شوهد يشرح إياها لسيدة أنيقة فى حديقة خلال إحدى الحفلات دون أن يعى أن كلبها يبول على حذائه. وبالنسبة لى فلقد حاول ماكس شرح النسبية لى عندما كنت طالبا فى المدرسة الثانوية لكنه لم يكن لدى أدنى فكرة أو اهتمام عما يتحدث عنه. على أن الظروف جمعتنى به بعد سنوات، حيث كنت قد التحقت بدراسة الفيزياء التجريبية، فشرح لى بعضًا من أفكاره حول ميكانيكا الكم. ولقد كانت أفكاراً غريبة بحق وبمعنى الكلمة. فلقد عارض استخدام الأعداد المركبة محتجًا فى ذلك أن لكل شىء يُقاس قيمة محددة لعدد حقيقى؛ لذا فإنه ينبغى ألا تحتوى النظرية سوى أعداد حقيقية. ولقد جرب أن يعرض الفكرة على آينشتاين وأرانى رده المكتوب على الأمر فكانت كلماته إليه: "نظراً لأننى لم أستوعب المشكلة التى تعرضها فأنا لم أستوعب الحل بلا شك".

لعل آينشتاين كان أحيانا فظًا بدرجة غير معقولة – بل إنه ليس عليك سوى قراءة بعض من الخطابات لهؤلاء الباحثين عن عمل أو وظائف بمجال الفيزياء ليتضح الأمر أمامك. ولقد كان لأبى موقف معه فى نهاية الثلاثينيات ينطق بهذه الجزئية حيث ذهب

أبى مع الأستاذ ستيفن ويز إلى لقاء يلقى فيه آينشتاين كلمة وفى موضع معينة من خطاب آينشتاين قال أبى بصوت عال بالدرجة التى سمعها آينشتاين: "إنى دوما ما ألقى كلمة حول لقائى آينشتاين، وها أنا أعرف أنى لم أقابله من قبل "فما كان من آينشتاين أن رد قائلاً: "لقد كذبت عليهم من قبل أيها الحاخام وها أنت ستكذبهم ثانية".

كانت الفيزياء واحدة من أسوأ المواد بالنسبة لى خلال سنوات المدرسة الثانوية. كنت جيداً إلى حد ما فى الرياضيات لكن إذا أخبرنى أحد أنه بالفعل هناك علماء رياضيات بمعنى الكلمة - كإقليدس وغيره من العلماء - لاعتقدت أنهم مجانين. وقد يتساءل المرء هنا: كيف صرت أنا نفسى فيزيائيًا ناهيك عن كونى كاتب عدد من المقالات حول آينشتاين وكتابًا كاملاً حاولت فيه تقديم الرجل وشرح نظرياته (وليس لدى شك أنى أمضيت قسمًا كبيراً من حياتى العملية أحاول شرح آينشتاين ونظرياته)؟! والحق أنى أدين - بشكل ما - بهذا التحول إلى جايمس بريانت كونانت الذى كان رئيسًا لجامعة هارفارد عندما كنت طالبًا بها. فلقد أمضى فترة الحرب العالمية الثانية يساعد فى توجيه واستخدام العلم لصالح المجهود الحربى.

وانتهت الحرب ووضعت أوزارها وخرج هو مقتنعًا أن للعلم من الأهمية بما ينبغى ألا يترك للعلماء فقط، خاصة بعد تطوير الأسلحة الذرية. لذا أدخل كونانت "برنامج التعليم العام" فى هارفارد الذى ألزم كل طالب دراسات عليا أن يجتاز مقرراً فى العلوم حيث هدف أن يتمكن خريجو الجامعة من التفكير بشكل معقول فى كافة الأمور المرتبطة بالعلم (وكان هناك كذلك متطلبًا أن يتمكن هؤلاء من السباحة دورتين فى حمام السباحة ليتمكن الطالب من النجاة إذا وقع من قارب). لذا كان علىَّ عندما وصلت كمبريدج فى خريف ١٩٤٧م أن أختار واحداً من مقررات العلوم فى برنامج التعليم العام.

كانت هناك وسيلة مساعدة وهى: "الدليل الموثوق للمقررات "وهو عبارة عن مسح وافٍ شامل يضعه طلاب الفرق الأعلى يمكنك من الوقوف على أسهل المقررات. كان من الواضح أن برنامج العلوم الطبيعية ٣ الذى يدرسه مؤرخ العلوم الشهير برنارد كوهين

هو ضالتى المنشودة. بعدها بكثير، بعد أن صرت طالبًا فى الدراسات العليا صرت مساعدا فى تدريس مقرر كوهين. عندها بدأت أدرك أنه ما أن تبرز الفيزياء الحديثة حتى يبدأ كوهين فى التحايل والمراوغة. فلم يتجاوز ما يعرفه النذر اليسير، لكن ذاك لم يحل دون أن يصبح أستاذا ممتازًا لهؤلاء الطلاب تحت التخرج اللذين لا يعرفون شيئًا مثلما كنت أنا تمامًا. فالقسم الأكبر من برنامج العلوم الطبيعية ٢ يتناول مواضيع يعيها كوهين جيدًا - وهى العلم منذ عهد الإغريق حتى نهاية القرن التاسع عشر. ولما كان كوهين باحثًا نيوتنيًا لذا فإن تأملات نيوتن كانت ذروة المقرر.

وصلنا بعد ذلك إلى فيزياء القرن العشرين. كنت حتى ذلك الحين أشبه بالسائر نائمًا لكنى فجأة استيقظت. ومع أننى لم أعد أذكر ما إذا كانت النسبية أو نظرية الكم قد التقيت أولاً فإننى أعتقد أنها النسبية ذلك أنه كان مقررًا تاريخيًا. فالأمر الذى شد انتباهى هو ما بدا أنه توقعات خرقاء للنظرية. فما زالت أتذكر ارتباكى واستغلاق الأمر عليّ عندما شرح كوهين أنه بالنسبة لمراقب ساكن فإن شيئًا يتحرك بشكل منتظم يبدو وكأنه يكتسب كتلة وأن اكتساب الكتلة يصبح لا نهائيًا مع اقتراب الجسم من سرعة الضوء. وأدركت أنه ليس هناك فرق ما إذا كان الجسم ساكن والمراقب متحرك أو العكس: فاكتساب الجسم للكتلة قائم. لذا فإن بمقدورك إكساب جسم كتلة بمجرد الجرى مرورا به. كانت هذه الفكرة مثيرة للمشاكل، خاصة أن كوهين سبق وأعطانا تعريفًا مضللاً للكتلة خلال تناول الفيزياء النيوتينية حيث الكتلة هى كمية من المادة. ونظرًا لأن المادة كانت ذرية فإنه بدا - عن خطأ - أن النسبية تنبأت بأن عدد ذرات الجسم يزداد مع الحركة. وما جذب انتباهى أيضا هو قول أينشتاين أنه لم يفهم النظرية النسبية سوى عشرة أو خمسة عشر شخصًا - رقم صغير على كل حال - وأنا أتخيل أنه شمل نفسه داخل هذه الزمرة وبالطبع كان ماكس واحدًا منهم(١).

---

(١) لم أعلم سوى لاحقًا أن الكتلة تعنى شيئا آخر فى النظرية النسبية وكذلك عرفت أصل فكرة أنه لا أحد يفهم النظرية النسبية. والقصة أن عالم الفلك البريطانى آرثر إدنجتون نشر عام ١٩٢٣ دراسة حول النسبية وعندما سئل ذلت مرة "هل حقا أنه لا يفهم النظرية النسبية سوى ثلاثة، فإنه أجاب متسائلاً: "ومن يا ترى هذا الثالث؟"

بعد أن طرح كوهين ذلك القول، قررت أن أصبح الشخص الحادى عشر، أو السادس عشر، أو.... الذى يفهم النظرية. لم أكن قد تصفحت كتالوج مقررات قسم الفيزياء حيث – وبدون الحاجة للذكر – كان يجرى تدريس النظرية بشكل روتيني. فلقد أخذت عبارة كوهين على علتها بل لم يكن لدى أدنى فكرة عما عناه فهم نظرية فيزيائية مثل النسبية. فالفهم الذى عرفته خلال المدرسة الثانوية شمل القدرة على ترجمة أى كلمة أجنبية إلى الإنجليزية بهذا يكون المرء يفهم اللاتينية. أما بالنسبة للهندسة فيعنى الفهم القدرة على إعادة خطوات الحل فى الامتحان. وفهم القصيدة هو فهم الكلمات والإشارات الأدبية – ربما بمساعدة المعجم أحيانًا. وحدث مرة أن كان الواجب المنزلى قصيدة وسألنى والدى بعد أن قرأها عما إذا كنت متفقًا مع فكرتها وما تقوله القصيدة. أربكنى السؤال تماما كما لو أنه لم يخطر ببالى أن القصيدة تحمل شيئا يقبل الاختلاف والاتفاق معه – بل هى فى ناظرى مجرد كلمات. وبناء على ذلك افترضت أن فهم النسبية هو شيء من هذا القبيل. افترضت أن فهم النسبية هو أن أجد كتابا يتناولها ثم أمضى بمساعدة القاموس لأعرف معنى الكلمات الغامضة غير المعروفة. كنت مستعداً لتكريس شهرين كاملين لهذا المشروع إن اقتضت الضرورة فذهبت إلى مكتبة وايدنز وبحثت عن كتاب، مفضلاً أن يكون لآينشتاين لأنه من الواضح أنه أستوعب النظرية.

اخترت كتب "معنى النسبية" – لعنوانه. ومع أن هناك من يقولون أنى قمت بأسوأ اختيار ممكن، فإنه بالتأمل فى مجريات الأحداث أجدنى على خلاف معهم. كان الكتاب نص المحاضرات التى ألقاها آينشتاين فى برنستون عام ١٩٢١م. ونظرًا لأننا كنا فى عام ١٩٤٨ فلابد أنها كانت الطبعة الثانية المنشورة عام ١٩٤٥م. ومع أنه أمامى الآن الطبعة الثالثة والأخيرة الصادرة عام ١٩٥٠ فإن طبعة ١٩٤٥ تميزت بملحق خاص تخلى فيه آينشتاين عما أسماه الثابت الكونى الذى قدم عام ١٩١٧ لكى يبقى على استقرار الكون لكن أدوين هبل لم يمهله سوى عقد من الزمان ليثبت تمدد الكون فغير آينشتاين رأيه. أما علماء الكون المعاصرون فيرون أن الثابت الكونى قد

عاد اليوم وأوجد لنفسه المكانة والاحترام ثانية. على كل حال كان الكتاب نحو مائة صفحة لذا فإنه إذا قرأت صفحتين أو ثلاثة يوميا فإننى سوف أنجز الأمر فى الفترة التى حددتها.

كانت الصفحات الثلاثة الأولى ميسورة رائعة حيث بدأ آينشتاين بالقول "إن النظرية النسبية وثيقة الارتباط بنظرية المكان والزمان". كان للجملة إيقاع جميل رنان تبعتها بعض الملاحظات الفلسفية التى وإن لم أتأكد من أهميتها إلا أنى حسبت أنى فهمت مقصدها. هكذا انتهى اليوم الأول وقدرت أنه إذا سار الأمر كذلك فإنها ستكون مسألة فى غاية السهولة. لكنى فى اليوم الثانى وجدتنى أمام المعادلة:

$$\Delta x^{1}_{v} = \Sigma \frac{\delta x^{1}}{\alpha\, \delta\, xa} \Delta\, x\, a + \frac{1}{2} \Sigma \frac{\delta^{2} x^{1}_{v}}{\alpha \beta\;\, \delta\, x\, \alpha\, \delta\, x\beta} \Delta\, x = \alpha\;\, \Delta\, x\, \beta$$

كانت هذه نهاية محاولتى رحلة فهم الفيزياء حيث لن يعيننى قاموس على تخطى هذه العثرة ووجدتنى أمام طريق مسدود. ذهبت إلى كوهين طالبًا العون وكانت بحق خطوة هامة حيث إننى لو اخترت واحداً من أكثر كتب آينشتاين شعبية وسهولة لكنت سقطت بذلك فى وهم الاستيعاب. أما باختيارى كتاب معنى النسبية فإنى أدركت عجزى واحتياجي للمساعدة. وما كان من كوهين سوى اقتراح غير حياتى.

أخبرنى كوهين أن هناك برنامج تعليم عاماً يركز على الفيزياء الحديثة فى الربيع القادم. كان القائم على المقرر هو فيليب فرانك الذى كان قد نشر تواً سيرة حياة لآينشتاين، بل إنه استطاع أيضًا النجاح فى أغلب مقررات الفيزياء النظرية التى كان يُدرسها آينشتاين عندما انتقل إلى الجامعة الألمانية ببراغ عام ١٩١٢م. لذا بدا هذا المقرر فى ناظرى ضالتى وسجلت اسمى على الفور.

فى غرفة محاضرات كبيرة بمبنى الفيزياء، وقف فرانك فى أولى أيام المقرر. كان رجلاً أصلع قصيراً ذا وجه بقسمات تنبئ بذكاء حاد. كان فرانك يعانى عرج مرده إلى حادث سيارة فى أحد شوارع فيينا حيث ولد عام ١٨٨٤. كان من الصعب تحديد لكنته لكنى قررت فيما بعد أن العشر لغات أو ما يقرب التى يتحدثها قد تراكمت معا كحطام

مدينة. ولقد أخبرني فرانك عندما تعرفت به في نهاية الأمر أنه بحلول الثلاثينيات شهدت براغ ثلاث طوائف هي النازيين والشيوعيين واليهود. كان النازيون يخشون غزو الروس والشيوعيون يخافون غزو الألمان أما اليهود فكانوا يخشون الجميع. لذا فإن الشيء الوحيد الذي اتفقوا عليه جميعًا هو الاتفاق مع معلم للغة الإنجليزية بحيث يتمكنون جميعًا من الهجرة إلى الولايات المتحدة.

كانت محاضرات فرانك رائعة متميزة حيث كان في مقدوره تناول أكثر الموضوعات تعقيدًا مختزلاً إياه في لغة بسيطة جيدًا حتى إنك لتشعر أنك على يقين من استيعابها. لكن عندما تحاول إعادة بناء شرحه فيما بعد، فإنك حينها فقط تشعر بمدى دقة وعمق هذه الحجج. ولقد حدث بعد سنوات قلائل أن وضعت كتابًا عن الفيزياء الحديثة بالتعاون مع اثنين من الزملاء وكتبت أنا القسم الخاص بالنسبية. تطلب مني الأمر العودة إلى ما دونته من ملاحظات في مقرر البروفسير فرانك في ربيع ١٩٤٨م. ولما كان البروفسير فرانك يقدم من حين لآخر جزئية أكثر تخصصا وتعمقا فإنه كان يبدأ بقوله: "وإذا توفر لديكم القدر الكافي من علم الرياضيات فإنكم..........."، وبذلك صار من الواضح أنني إذا أردت حقًا فهم هذه الأمور فإنه يتعين عليَّ تعلم "قدر كاف من الرياضيات" فانتهى بي المطاف متخصصا فيها. وبمرور الوقت تخرجت في الجامعة وتوثقت أواصر الصلة بيني وبين البروفسير فرانك وزوجته هانيا. فعلمت فيما بعد أنه كان تلميذا للفيزيائي النمساوي العظيم لودفيج بولتزمان والذي قال عنه بروفسير فرانك بأنه أعظم فيزيائي رياضي عرفه على الإطلاق، وعلمت أيضا أن فرانك كان في شبابه شغوفا بفلسفة العلم بقدر حبه وولعه بالفيزياء وأنه صار فيما بعد عضوًا مؤسسا في جماعة فيينا التي جاءت بما نعرفه اليوم بالوضعية المنطقية. وقد كان لي أيضًا أن أكون إلى جواره في أحد مقررات القراءة حيث قرأت كتاب "مسارات فلسفية" للفيلسوف فيتشجن، وأدركت أنه كان عضوًا في جماعة فكرية ضمت فرانز كافكا. ولما تقاعد البروفسير كنت أساعده في جمع أغراضه من مكتبه بقسم الفيزياء ووجدت أمامنا خطابات من فيزيائيين مرموقين مثل شرودنجر، لم يكن حتى قد عني بفتحها.

فتحت أحد هذه الخطابات من شرودنجر فوجدته يبدأ بقوله "بينى وبينك...." ثم يمضى فى ذكر بعض النمائم التى كانت منتشرة آنذاك "وهنا علق فرانك بقوله: "أرأيت لم يكن بالأمر الهام على كل حال". وتوفى الرجل العظيم فى ٢١ يوليو ١٩٦٦م وكنت أحد من ألقوا كلمة فى تأبينه.

كنت بنهاية السنة الثانية قد شعرت أنى استوعبت الخلفية الفلسفية للنسبية على الأقل بما يجعل فكرة حوار مع آينشتاين أمرًا مفيداً. ولم يكن من البروفسير فرانك سوى أن آثار هذه الفكرة الجنونية مع آينشتاين فإذا بى أتلقى فى ربيع ١٩٤٩م خطاباً من ١١٢ شارع مرسير، برنستون بتاريخ ٣ يونيه وبدأ كالآتى:

عزيزى السيد برنشتين

"أبعث إليك برسالة أعبر فيها عن آرائى من وجهة نظر إبستمولوجية ذلك أنى لا أخوض أحاديث شفهية فى مثل هذه المسائل لكيلا يحدث سوء فهم أو تفسير".

وكان الخطاب ممهوراً بتوقيع "المخلص: آينشتاين".

الـكـتـب فـى الـقـبـو

جورج جونسون

يكتب جورج جونسون فى عن العلم فى النيويورك تايمز من سانتا فى نيو ميكسكو. ولقد نال جائزة AAAS للصحافة العلمية عام ١٩٩٩م. وهو كذلك أحد المديرين المشاركين فى ورشة عمل سانتا فى للكتابة العلمية. ومن بين كتبه "حريق فى العقل: العلم والإيمان والبحث عن نظام" و "جمال غريب" و"جيل مان مورى وثورة الفيزياء فى القرن العشرين" و "طريق مختصر خلال الزمن" "الطريق إلى حاسوب الكم" وحديثًا جدًا "نجوم الآنسة ليفيت".

كنت منذ بدايات حياتى العلمية دائم السعى إلى القسم العلمى من محل الكتب المفضل لدى "ألبكروكو"، حيث كان يتسكع عنده الهيبز الظرفاء. وهناك توقفت عيناى على عنوان كتيب صغير اسمه "الكون ودكتور أينشتاين". كان ثمن الكتاب خمسًا وتسعين سنتًا، وعلا الغلاف وعد بأنه "أوضح وأيسر الكتب عن ما قدمه آينشتاين من أفكار ورؤى حتى هذا الحين". أما الغلاف فكان عبارة عن بورتريه جذاب للعالم العظيم وشعره الكثيف الأشعث وقد تناثر فى كل اتجاه. أما الخلفية فكانت السماء وقد تلألأت ليلاً بكوكبات النجوم والرياضيات. كان من الواضح أن هذا الرجل هو من يملك الإجابات على أسئلتى وأنها سوف تصلنى فى كتاب من ١١٨ صفحة فحسب. لذا اشتريت الكتاب على الفور.

بدا هذا الكتاب فى ناظرى عملاً استثنائيًا. فكاتب الكتاب هو صحافى بمجلة لايف يدعى لينكولن بارنيست وقد سبق صدور الكتاب فى طبعة أقصر عن دار نشر هاربر

(وذلك وفقاً لما تذكره صفحة الطباعة). ولما بدأت أقلب صفحات الكتاب سريعا وجدت مما يريح صدرى إنه عبارة عن شرح نظرى يخلو من المعادلات. صحيح أنه كان هناك بعض الجبر المخيف الشكل". لكننى كنت متأكداً أنه مع مرور الوقت والتعمق فى الكتاب الصغير فإنه حتى الرياضيات ستكون واضحة سهلة. أما أعمق وأهم النقاط وأكثرها تأثيراً فهو هذه التحفة الدقيقة الرائعة من العرض العلمى الذى أشار به أينشتاين فى صفحة واحدة. ربما لم أقدر للأمر أهميته آنذاك لكن الحق أنه قدم مقالاً مصغراً من ثلاث فقرات فقط حول خصائص الكتابة العلمية الجيدة حيث قال:

"إن كل من حاول طرح موضوع علمى مجرد طرحاً عاماً يفهمه غير المتخصصين ليدرك الصعاب العظيمة التى يلاقيها فى محاولته هذه.

إنه إما أن ينجح فى جعل ما يقدمه سهلاً مفهوماً عبر إسدال الستار على جوهر المشكلة والانتهاء عند عرض الجوانب السطحية أو الظاهرية على القارىء مما يفضى إلى خداع الأخير واهماً إياه بسراب الاستيعاب. أو يمضى إلى عرض عميق متخصص للمشكلة فيجد القارى غير ذى الخبرة نفسه غير قادر عندئذ على تتبع هذا العرض والإمساك بخيوطه فيحجم عنه، محبطاً، فى النهاية عنه دون الاستمرار فى القراءة.

فلو تناولنا مجمل الكتابات العلمية السائدة اليوم فاستبعدنا ما ينطبق عليه كلا التصنيفين السابقين، لما تبقى فى أيدينا سوى نذر يسير جداً يتمتع - دونما أدنى شك - بأعلى مراتب القيمة والأهمية".

كان آينشتاين يوصى بشدة بكتاب السيد بارنيت بوصفه عملاً اتخذ مسلكاً ثابتاً بين هذه التيارات. لقد لاحظ آينشتاين أنه من الجوهرى أن ننشد أعمالاً على هذه الشاكلة؛ ذلك أن "تقييد المعرفة على فئة محدودة من الناس دون غيرها يقتل الروح الفلسفية للناس ناجماً عنها جدب روحى بشع".

استخرجت مؤخراً نسختى القديمة من هذا الكتاب من صندوق فى قبو المنزل الذى عشت به سنوات طفولتى، وبدأت فى قراءته مرة أخرى لأعيش مرة أخرى هذه التجربة المثيرة التى خبرتها وأنا أتلقى علم آينشتاين للمرة الأولى. ربما لم يكن

لينكولين بارنيت أول من قابلت فى أسفارى نحو النسبية وميكانيكا الكم. فلقد أخرجت أيضا نسخة صفراء من كتاب براتراند راسل ألف باء النسبية "السيد تومبكينز فى بلاد العجائب" - وقد أكون قد غرقت فى كتاب جورج جاموف. لكننى متأكد فى النهاية أن كتاب "الكون ود آينشتاين" كان هو بداية سبيل إلى تجسد هذه المفاهيم لدى واستيعابها بشكل تام - وهو ما جعلنى أدرك أنه بمقدور المرء الدخول إلى هذا العالم من الأفكار لا كعالم فحسب بل ككاتب أيضاً.

إنك لتدرك من الجملة الأولى فى كتاب السيد بارنيت أنك فى أيد أمينة حيث يقول "على الجدران البيضاء لكنيسة رفير سايد، نُقشت وجوه ستمائة من عظماء رجالات الدهر - رجال دين وفلاسفة وملوك - يقفون ثابتين بخلود الحجر الصوان متجاوزين الزمان. ولاشك أن ألبرت آينشتاين هو الوحيد بينهم الذى هز أركان الفكر الإنسانى كله فى تاريخ البشر". ثم يمضى بارنيت متحسراً أنه بالكاد ما تجد شخصاً من خارج أهل الفيزياء يتجاوز ما يعرفه عن آينشتاين فكرة ضحلة سطحية. كان ذلك بعد نحو نصف قرن من نشر أول أوراقه المذهلة (حيث نُشر كتاب بارنيت عام ١٩٤٨م). بل ساد الجهل وتعنت "فتجد أن معرفة معظم قراء الجرائد اليوم بالأمر لا تتخطى معرفة أن آينشتاين له علاقة ما بالقنبلة الذرية، وأما خارج ذلك الوسط فصار اسم آينشتاين مرادفًا للأمور العويصة المبهمة أو غرابة الأطوار". بل إن الأمر لم يقتصر على غير المتعلمين فقط، وعلى قدر وصف بارنيت، "إن كثيراً من خريجى الجامعات لا يزالون يظنون أن آينشتاين هو، بشكل ما، عالم رياضيات سريالى لا مكتشف قوانين كونية محددة ذات أهمية هائلة فى صراع الإنسان الحثيث لفهم حقيقة الواقع الفيزيائى".

كنت منذ السنة الأولى فى حيرة من أمرى، متذبذبًا بين أمرين: فكنت أتخصص فى الأدب فصلاً دراسيًا ثم أتحول إلى الفيزياء فى الفصل الدراسى الثانى. حاولت أن أستحضر كامل انتباهى بينما مضى أستاذنا الدكتور فيكتور رينجر خلال قوانين نيوتن والمسارات عديمة الاحتكاك لكى نخلص فى النهاية إلى فكرة أن الأشياء تتحرك كما تصفها المعادلات. لذا تابعت طريقى بصعوبة بالغة فى الفصول الأولى لهذا السفر الأزرق الضخم الذى نطلق عليه "هاليدى ورسينك"، وهو عبارة عن كتاب دراسى ضخم

مفزع كنت أنوء بحمله فى تلك الأمسيات التى قضيتها بمقهى البيتزا كازاليونا حيث كنت أحتسى القهوة، عابثًا بالنظرات مع النادلة، محاولاً حل المسائل الواردة فى نهاية الفصل:

كلب ينظر من نافذة عندما قفزت كرة من الشارع لتمر بأعلى إطار النافذة وتعود بعد ثانية فى طريقها إلى الأرض. فإذا كانت النافذة على ارتفاع ١٥ قدم عن الرصيف، أو شيء من هذا القبيل، فكم عمر الكلب؟

أثناء احتساء فنجان القهوة الثالث، وبينما كنت أطالع كتالوج مقرر الفيزياء لسنى الدراسة بالجامعة وجدت أنه بالمضى حتى السنة النهائية أكون قد وصلت إلى فيزياء القرن التاسع عشر (أحسب أن مقررات النسبية والكم كانت موجودة لكنها كانت مقررات اختيارية). ثم ستمر سنوات أكون عندئذ قد حصلت على درجة الماجستير لأجدنى أمام ألغاز حقيقية يجرى حلها والكشف عن أسرارها وأجد ساعات متباطئة الحركة وأرى كيف أجعل كل هذا يساوى $E = mc^2$.

كان أمامى ثمة اختيار آخر وهو الالتحاق بمقرر "أدب أفضل جيل" وقراءة بارنيت بعد الفصل الدراسى. ولقد رأيت فى ذلك الخيار الصائب. ولما وصلت إلى الصفحة ٢٣ من الفصل الثالث كنت أتعلم بالفعل شيئا فشيئا عن ماكس بلانك والكم وهو ما مثل مدخلى إلى التأثير الفوتوكهربى لآينشتاين. أما ذلك فقادنى مرور قصير بثنائية الموجة الجسيم وشرودنجر وهيزنبرج وبور وبورن. ثم وجدت بارنيت بعد خمسين صفحة يرسى أساس النظرية النسبية الخاصة: فهاهى أفكار المسافر الذى يتمشى على حافة السفينة المتحركة ومفاجأة تجربة مورلى ميكلسون والقطارين وحزمة الضوء... وإلى جوارها الرسوم والخطوط المنحنية الفضولية لتحولات لورنتز. على كل حال لم تكن الرياضيات مغرقة فى التعقيد حيث كان بمقدورى، وبقليل من المعرفة بالجبر، استيعاب كيف عندما تقترب سرعة جسم من سرعة الضوء فإذا بالطول يصير صفراً بينما يظل الزمن ثابتًا وتصبح الكتلة لانهائية . وبهذا ليس هناك من عجب أنه لا يتأتى للمرء أن يتجاوز سرعة الضوء حيث لا يمكن أن يكون هناك من مكافئ بصرى لهذا الهدير الصوتى.

وبحلول الفصل التاسع كنت قد غرقت حتى أذنى فى استمرارية زمكان عالم رباعى الأبعاد، مستقلاً مصعد آينشتاين المندفع بسرعة بالغة ورؤية شعاع الضوء المنحنى

مواجهًا بقية الأصول التعليمية للنسبية التى طرحها الكتّاب العلميين مرارًا وتكرارًا. فالمادة تحنى المكان والمكان يخبر المادة كيف تتحرك. كنت مذهولاً أن باستطاعتى فهم هذه الأمور، ولو بشكل ما. بل لعل ما كنت أعيشه هو وهم الفهم لكن لم يكن هناك من مشكلة ذلك أننى كنت أسعى وراء موطئ قدم يتيح لى موضعًا أعلى ودرجة أفضل.

قدر لي أن أقابل هذه الأفكار ثانية فى واحدٍ من الأعمال العلمية التبسيطية المتميزة وهو كتاب بابرا لوفيت كلين "رجال صنعوا فيزياء جديدة" (أفتح نسختى القديمة فأجد خطابا من نادلة مطعم البيتزا، كان قد جاءنى من المكسيك، كنت قد وضعته عند بداية فصل عام الروائع لآينشتاين). بعد الجامعة، عندما أحرزت سبقا صحفيا لمجلة ألبوكورك، حاولت التعمق أكثر فى الكتابات حول النسبية وبعض تفسيرات العلماء الشائعة تقريبا ومنها "طبيعة العالم الفيزيائى" لأرثر إدينجتون و"تطور الفيزياء" لألبرت آينشتاين وليوبلد إينفلد و"فيزياء الزمكان" لإدوين إف تايلور وجون أرشيبالد ويلر. تخيلت ذاتى على قمة مخروط ضوء وتأملت مليًا فكرة أنه ليست سرعة الضوء وحدها مطلقة بل سرعة إرسال الإشارات – ذلك أن عالمًا عقلانيًا من السبب والنتيجة يتطلب ألا يكون بمقدورك الوقوف على حدث قبل أن يحدث. والقول بأن آينشتاين أثبت أن "كل شى نسبى" هو قول خاطئ تمامًا، ذلك أنه حدد المعيار الذى يجعل الفهم ممكنًا. وكما صاغ آينشتاين واينفلد الأمر "فإنه إذا كان بمقدور البشر كسر حد السرعة الكهرومغناطيسى، فإنه سيكون بمقدورنا رؤية حوادث من الماضى خلال التوصل إلى موجات ضوء سبق إرسالها (مرسلة من قبل) والإمساك بها فى ترتيب عكس الذى أرسلت به ومن هنا سيبدو قطار الأحداث على الأرض كفيلم يعرض للوراء، يبدأ بنهاية سعيدة" أن كون عجيب حقًا هو كون بلا نسبية".

إن هذه الرؤى – رؤى الهاوى – تخفت من جراء سوء الاستخدام حتى يعاد تسليط الضوء عليها مرة ثانية كل سنوات قلائل عندما ألتقط كتابًا جديدًا عن آينشتاين وأعيد تخيل المسرح الذى تجرى عليه لعبة الاستعارة. إن لقائى بالقطارات والأحزام المضيئة والمصعد وشعاع الضوء يشبه لقاء الأصدقاء القدماء. ومع كل مرة نلتقى سويًا، أعيد سرد الأمر فى خاطرى وتأخذ الأفكار شكلاً أكثر ترتيبًا فى رأسى.

أحيانًا ما يتعلق الأمر باستيعاب تشبيه أو استعارة جديدة. فالحكاية الرمزية فى كتاب جاو مانجييوى "أسرع من الضوء" حول آينشتاين والأبقار والسور الكهربى جعل الطبيعة التزامنية المخادعة أوضح مما سبق. وهناك صفحتين فى الفصل الثانى من كتاب براين جرين "الكون الأنيق" لم يشملا سوى تشبيه تنويرى حيث C سرعة فقط سرعة الضوء وسرعة إرسال الإشارات بل السرعة التى يتحرك بها كل شىء فى الكون عبر استمرارية الزمكان.

يطلب منا جرين تخيل سيارة سباق بسرعة ثابتة على امتداد مسطح إذن سرعتها مقسمة بين مكونين شمال جنوب وشرق غرب. فكلما تحركت فى اتجاه ما كلما كانت أبطأ فى الاتجاه الآخر، أى لعبة المحصلة صفر. أما الطائرة فتقسم سرعتها إلى ثلاث أبعاد، لكن آينشتاين يضيف لنا بعدًا إضافيًا فى الكون النسبى، حيث كل حركة قائمة فى الأبعاد الأربعة. فبينما أنا جالس ساكن بمكتبتى فإننى أتحرك بكامل سرعتى خلال الزمن. فإذا نهضت وبدأت فى السير، فإن سرعتى المكانية لابد وأن تطرح من سرعتى الزمنية. فساعتى تسير أبطأ ولا أتقدم فى السن بهذه السرعة.

كلما كان تحركك فى الفضاء (المكان) أسرع، كلما كان تحركك فى الزمن أبطأ. ولقد استدعى تناول هذه الفكرة من منظور جديد ذكرى روايتى المفضلة "زمن النجوم" للكاتب روبرت أ. هانيلين، والتى تدور حول مفارقة التوأم الشهيرة. فالأخ الذى يستقل مركبة الفضاء طفلاً يعود إلى المنزل رجلاً ليجد توأمه وقد بلغ به الكبر مبلغه. وحينها تعجبت هل حدث فعلاً أن شخصًا ذكيًا جدًا يدعى ألبرت آينشتاين قد أثبت علميا أن مثل هذه الحماقة ممكنة؟

لكن الفكرة لا تبدو مجنونة جدا الآن. إن بمقدورى أن أستشعر ذاتى موجودًا، كنجم أو إلكترون، كتموج فى زمكان رباعى الأبعاد. وبالنسبة لكاتب يبحث عن مادة يعمل عليها، فإنه لن يجد أفضل من ذلك.

كيف كان يفكر

ليونارد سوسكايند

ليونارد سوسكايند هو أستاذ كرسى فيلكس بلوش فى الفيزياء النظرية بجامعة ستانفورد. وإلى جانب اكتشافه نظرية الوتر ومبدأ للهادرونات وتكاملية الثقب الأسود، فإنه عمل فى مجال الإمساك بالكوارك والبنية الداخلية للهاردونات ونظرية عداد هاميلتون الشبكى والتخطم المتناظر وإنتاج الباريون فى الكون وعلم الكون الكمى ونظرية - M. ولقد شارك فى تأليف "مقدمة إلى الثقوب السوداء" و"المعلومات وثورة نظرية الوتر: الكون الخطى" (مع جيمس ليندسى) وألف كتاب "المنظر الكونى".

أنقذنى أينشتاين من أن أعيش بقية حياتى سباكًا فى جنوب برونكس حيث كان والدى بن سوسكايند يعمل سباكًا وكان حلمه أننا سنعمل سويًا يومًا ما فى تصليح هذه المواسير وتنظيف المجارى. كان والدى هو الرمز البطولى فى حياتى - فهو الرجل القوى الشديد الذى أجبرته الضرورة والحاجة الملحة على ترك المدرسة عام ١٩١٧م بينما كان فى الثانية عشر من العمر ليكسب لقمة عيشه من البنايات القذرة والشقق الموبوءة بالفئران القذرة. لقد كنت أعرف هذه الحياة حق المعرفة حيث عملت مساعد سباك منذ كنت فى الخامسة عشر ثم سباك رحالة خلال إجازة الصيف وعطلات نهاية الأسبوع وأحيانًا فى أوقات متأخرة من الليل. لم أكد أحد هذه الحياة لكن لم يكن لدى طموح آخر حتى بلغت الواحدة والعشرين.

دائمًا ما أحببت الرياضيات لكنى لم أسمع بالفيزياء حتى التحقت بكلية CCNY، وهى كلية للفقراء فى هارلم. وهنا اشتعل ولعى بالفيزياء. كانت المشكلة الوحيدة أننى سأمضى إلى الرجل العجوز لأخبره أننى لن أصير سباكًا مثله. لذا استجمعت شجاعتى فى إحدى الأمسيات وأخذت زوجتى وطفلى الرضيع إلى منزل والدى. وصلت إلى المنزل فوجدت أبى فى المحل يقطع إحدى المواسير ليجهزها لليوم التالى وقلت له والخوف الرهيب يملأنى "بن، أنا مش هبقى سباك". تمعن فى من أسفل لأعلى "يعنى إيه مش هتبقى سباك". أعدت عليه العبارة "مش هبقى سباك" فرد "أمال هتبقى إيه إن شاء الله، رقاص باليه؟".

عندها أخبرته أننى أود أن أصبح فيزيائى وهو الأمر الذى لم يعن شيئًا بالنسبة له. فلم يرد سوى بقوله "فيزيائى. بتاع إيه دو؟".

أخبرته أن هذا أحد أنواع العلم وعندما بدا لى أنه أعتقد أنى سأصبح صيدلى مضيت لأشرح الأمر قائلاً "إن ألبرت آينشتاين كان فيزيائى". هنا تهللت أساريره بالفرحة وقال "آينشتاين، هو انت بتفهم كويس فى الحاجات دى؟".

أخبرته أنى أعتقد أن بمقدورى أن أبلى بلاءً جيدًا فى هذا الشأن، وفكر فى الأمر لثانية أو ثانيتين ومسنى بطرف المأسورة بلطف فى صدرى "سباك، لا مفيش سباكة من النهاردة، لو عاوز نبقى فيزيائى أطلع فيزيائى".

جاءت أمى، التى كانت زوجتى قد نقلت إليها الأخبار، وقد تغير وجهها باكية. فنحن سنفلس وسيموت الطفل الصغير جوعًا. فاستدار أبى إليها بحدة وحدجها بنظرة ساخطة "بس ولا كلمة ده هيبقى آينشتاين".

تخيلوا آينشتاين رجلاً مسنًا حكيمًا ذا شعر ثائر وعينين حزينتين تنطق بما مر به الرجل من أهوال ونكبات منذ الحرب العالمية الأولى والرعب النازى ثم البدء فى مشروع مانهاتن. هكذا كان آينشتاين الرمز كما عرفوه. لكن هذا ليس آينشتاين الذى عرفته وملك على حياتى. بل حديثى عن آينشتاين الشاب الرشيق الأنيق ابن السادسة والعشرين ربيعا: إنه آينشتاين عام الروائع: آينشتاين ١٩٠٥م.

ليس للبزة الأنيقة أو هذا الشارب جيد التهذيب علاقة كبيرة بذلك. إن عقل الرجل وتفكيره ما كان يذهلنى - لقد كانت طريقة تفكيره هى أهم شىء أعجبت به وأسرنى. لقد كان عام ١٩٠٥م، الذى احتفلنا بمئويته قريبًا، هو ذروة عنفوان أينشتاين وقمته العلمية. فالرجل كانت له طريقة خارقة تقريبًا فى النظر إلى الطبيعة فيرى بوضوح ما لا يبصره سواه أو يقف عليه. وليس الأمر أن بمقدوره استيعاب صيغ معقده أو فهم رياضيات صعبة عسيرة أو تذكر كميات هائلة من المعلومات التجريبية. بل إن أسلوب أينشتاين كان البدء من أبسط الملاحظات عن الطبيعة - أمور بسيطة جداً حتى أن الطفل الصغير ليستوعبها. لكنه كان يخلص إلى استنتاجات هامة من هذه الاعتبارات الأولية وبالتأمل فيما وصل إليه فإن ما أبصره كانت أموراً واضحة لكن أحداً غيره لم يرها.

لنأخذ مثلاً أول أوراقه عن النظرية النسبية. فلقد كان هناك فيزيائيون آخرون أمثال هندريك لورنتز يعرفون كل ما يعرفه موظف التسجيل ابن السادسة والعشرين عاما لكن لم يستطع أيهم تحرير نفسه من الإرث القديم ووجهة النظر القائلة أن الضوء والظواهر الكهرومغناطيسية كانت اضطرابات للأثير؛ هذه المادة الافتراضية التى تملأ الفضاء والتى تمثل ذبذباتها المجال الكهرومغناطيسى لفارادى وماكسويل (وأنا دائمًا ما كنت أظن أن الأثر عبارة عن جيل صاف). بل إن هناك علماء آخرون يعرفون أنه ليس هناك من تجربة نجحت فى الوقوف على حركة الأرض فى الأثير، لذا جهزت تفسيرات معقدة. أما ورقة أينشتاين "حول إلكتروديناميكيات الأجسام المتحركة" (المنشورة فى ٢٦ سبتمبر ١٩٠٥م بدورية حوليات الفيزياء Annalender Physics) فتبدأ بملاحظة بسيطة جداً حتى أن أى فرد بمقدوره استيعابها. لننظر سويا إلى ترجمة الفقرة الأولى:

إنه لمن المعروف أن تطبيق إلكتروديناميكيات ماكسويل - كما جرى فهمها فى الوقت الحاضر - يفضى إلى لا تناسقات لا تبدو وكأنها جزء من طبيعة هذه الظاهرة. ولنأخذ مثلاً الحركة الإلكتروديناميكية تبادلية لمغناطيس وموصل. وتعتمد الظاهرة الملاحظة هنا على الحركة النسبية لموصل ومغناطيس بينما يتم وضع حد فاصل بين

الحالتين التى يتحرك فى أحدهما أحد الجسيمين ويتحرك فى الثانى الآخر. فإذا كان المغناطيس يتحرك والموصل ساكنًا فإنه ينشأ مجال كهربى فى جوار المغناطيس ذى طاقة محدودة ليخرج فى النهاية بتيار فى المواضع التى يوضع فيها الموصل. لكن إذا كان المغناطيس ساكنًا والموصل متحركًا فإنه لا ينشأ مجال كهربى فى جوار المغناطيس ومع ذلك فإننا نجد فى الموصل قوة محركة كهربية والتى ليس لها طاقة مماثلة فى ذاتها، لكنه ينشأ عنها تيارات كهربائية لها ذات المسارات والكثافة كهذه التى جادت بها القوى الكهربائية فى الحالة السابقة.

كانت فكرة آينشتاين بسيطة. ضع لفة سلك فى يدك اليسرى ومغناطيس فى يدك اليمنى. وفقًا لفيزياء القرن التاسع عشر فإنك إذا حركت الملف فى الأثير ممسكًا بالمغناطيس مثبتًا، فإن مجال المغناطيس الكهرومغناطيسى سوف يدفع بالإلكترونات فى الملف المتحرك ليسبب تدفق فيض التيار. لكن إذا ثبت الملف وحركت المغناطيس فى الأثر، فإن المجال المتحرك لمغناطيس يخلق مجال كهربائى يدفع بالإلكترونات خلال الملف الساكن. إذن هما ظاهرتين مختلفتين (أو هكذا يبدو الأمر) أحدهما تشمل مجالات مغناطيسية والأخرى مجالات كهربائية. ومع ذلك فإن النتائج هى ذاتها فهى تيارات كهربائية تنطلق خلال الملف. إذن ما هى فكرة آينشتاين؟ إن السبب وراء التيار هى الحركة النسبية لموصل ومغناطيس، لا حركة المغناطيس خلال الأثير ولا حركة الملف فيه. وانطلاقا من هذه الفكرة، ومن دراسته البسيطة لتزامن الساعات خلال إشارات الضوء (التى قدم بيتر جاليسون تفسيرًا رائعًا لها فى كتابه الصادر عام ٢٠٠٣م وتحت عنوان "ساعات آينشتاين: خرائط بوانكريه") فإنه خلص إلى النسبية الخاصة وإلى المعادلة الأهم $E = mc^2$.

بعد عام الروائع ١٩٠٥م، بدأ الشاب الصغير ذى العيون البنية الحزينة فى التفكير فى الجاذبية. كان الدرب الواضح أمامه هو محاولة تعديل معادلات الإلكتروديناميكيات بطريقة تجعل من قوانين نيوتن للجاذبية التقريب الأول. ربما نجح ذلك فى نهاية المطاف، لكن ليس سوى بعد تعقيد كبير للمعادلات. ولست أشك أن يتخذ معظم الفيزيائيين هذا الدرب لكن ليس آينشتاين. لقد فكر فى المصاعد عوضًا عن ذلك. ففكرة آينشتاين عن

صعود المصاعد كانت ملاحظة أولية بمقدور أى أحد ركب مصعد عالى السرعة الوقوف عليها حيث عندما يبدأ المصعد رحلته صعوداً فإن التسارع يجعل المرء يشعر كما لو أن الجاذبية أصبحت أقوى وأشد لفترة مؤقتة وعلاوة على ذلك فإنه عندما يتوقف المصعد فإنه يبدو وكأن الجاذبية تعلق لفترة وجيزة. هنا افترض آينشتاين أن تكافؤ الجاذبية والتسارع يمثل قانون أساسى فى الطبيعة وأطلق على ذلك مبدأ التكافؤ. ولقد عرف آخرون هذه الرابطة – حتى نيوتن نفسه – لكن أحد منهم لم يتمتع بوضوح الرؤية ليتبع هذه الفكرة عقداً بأكمله حتى خرج فى النهاية بأعظم النظريات قاطبة، ألا وهى النظرية النسبية العامة. والنظرية النسبية ليست سهلة أو بسيطة فرياضياتها عسرة صعبة ومعادلاتها معقدة لكنها جاءت من فكرة تجربة المصعد البسيطة. وبالنسبة إلى ذلك فإن طريقة التفكير هذه تمثل أرقى أشكال الجمال التى بمقدور العلم تقديمها.

إن أشد وأعمق جوانب تفكير آينشتاين هو مدى ثقة الشاب بنفسه فى مقتبل عمره. فلقد عرف تماما ما ينبغى الثقة به وما ينبغى استبعاده. من أين واتته كل هذه الثقة بأن قوانين الديناميكا الحرارية وتفسيرها الإحصائى أهلا وأجدر بالثقة من قوانين الميكانيكا الكلاسيكية ونظرية الضوء الموجبة؟ لكن ربما بدون هذه الثقة لم يكن ليتوصل إلى أن الضوء عبارة عن كمات من الطاقة غير قابلة للتجزئة. ما الذى جعله على يقين أن سرعة الضوء ثابت كونى وأنه ينبغى تنحية مفهوم التزامن الكونى جانباً؟ كيف أدرك أنه عليه الثقة بحواسه وشعوره لمعرفة ما يجرى أثناء حركة المصعد وأن عليه استبعاد إضافة السرعات؟ إننى أرى أنه ليس بمقدورنا سوى القول أن عقل آينشتاين وغرائزه كان متوائم بشكل خاص مع دقائق عالم الفيزياء.

إننى الآن فى السادسة والأربعين من العمر ولدى ميل خاص للنظر فى إنجازاتى العلمية. أحيانا ما أشعر بالخجل أننى لم أتمتع ببعد النظر الواجب. ومع أن بعض الاكتشافات التى نعمل عليها، مثل نظرية الوتر، مرضية إلى حد ما فإن أفضل المشاعر على الإطلاق هى ما يغمرنى عندما أفكر بأسلوب آينشتاين ولو على مستوى صغير. ربما أقوى هذه المشاعر مرتبط بالتوصل إلى مبدأ التكميلية فى فيزياء الثقوب السوداء.

جاء عام ١٩٧٦م وطرح ستيفن هوكينج سؤالاً هامًا حول الجاذبية وعلاقتها بميكانيكا الكم. وكانت ملاحظة هوكينج أن ميكانيكا الكم تدفع بالثقوب السوداء نحو الانصهار والتبخر فى نهاية الأمر حيث لا تترك وراءها سوى إشعاع حرارى (فوتونات). لكن ماذا عن الأشياء التى تسقط فى الثقوب السوداء - هل محيت كافة المعلومات المتعلقة بها بعد سقوطها وراء أفق الثقب الأسود؟

كان هذا سؤالاً مميزًا ألمعيًا. فالقوانين المتعارف عليها لميكانيكا الكم تمنع فقدان المعلومات - فمن الممكن أن تخلط هذه المعلومات لكنها لا تفقد. وعلى الجانب الآخر فإن قوانين النسبية العامة ترى أن أفق الثقوب السوداء هى نقطة لا عودة لها لذا فإن أى معلومات - كهذه الموجودة فى دفتر لأرقام الهاتف والحاسوب والجينوم البشرى - تقع فى أفق الثقب الأسود لا يسعها العودة ثانية لذا يبدو وكأنها فقدت للأبد. بعبارة أخرى أمامنا مفارقة حيث تبدو قوانين الجاذبية وقوانين الكم غير متوافقة.

لنأخذ مثالاً آخر على الأمر. أفرض أن صديقتك سقطت فى ثقب أسود عملاق يبلغ نصف قطره بلايين السنين الضوئية. وفقًا للنسبية العامة، فإنه لن يحدث شىء مميز لصديقتك خلال سقوطها وراء الأفق. لكن جسدها سوف يدمر بعد حوالى نصف بليون عام فى مركز الثقب الأسود - منطقة نهائية الفرادة Singularity[1] لانهائية العنف - على أن عبور الأفق لن يمثل شىء هام فى هذه التجربة. إذن ارتفعت درجة حرارتها جدًا فبلغت مليون تريليون تريليون درجة حتى أنها تحولت إلى إشعاع حرارى وتحولت فى نهاية الأمر إلى فوتونات. ولا شك أنه لا يمكن أن تكون كلا القصتين صحيحة.

وثق هوكينج فى الجانب الخطأ. فلقد وضع ثقته فى الأفكار الموروثة عن النسبية العامة الكلاسيكية. فلقد بدا واضحًا أمامه، وأمام معظم الناس، أن المعلومات التى تذهب وراء الأفق مفقودة إلى الأبد. لكن هذا يعنى أن ميكانيكا الكم، وكذا التفسير الإحصائى للديناميكيات الحرارية، غير صحيحة فى حالة الثقوب السوداء.

---

(١) نقطة الفرادة هى نقطة أو موضع فى الفضاء ذات كثافة لا نهائية حيث دائمًا ما ينحرف الزمان والمكان بشكل لا نهائى بفعل قوى الجاذبية والتى تعد الحالة النهائية للمادة التى سقطت فى ثقب أسود.

لكن الفيزيائى الهولندى جيرارد هوفت وأنا معه نرى أن ذلك غير سليم. فتنحية المبادئ الرئيسية للميكانيكا الإحصائية والديناميكا الحرارية كان ثمنًا باهظًا يفوق ما يمكن تكبده. هنا بدأت فى وضع تجارب ذهنية على شاكلة تلك التى أجادها أينشتاين. تخيل أنك أسقطت إلكترونًا فى ثقب أسود... وهكذا. ثم استنتجت بعد تحليل الكثير من التجارب التخيلية أنه ليس هناك من مفارقة. فكلا العرضين - التى سبق الإشارة إلى عدم صحتهما معا - صحيح! بل هناك مبدأ نسبية جديد تمامًا يتجاوز مبدأ أينشتاين - مبدأ تتمة الثقوب السوداء. ودونما الاستغراق فى ظروف وتفاصيل تخصصية فإن بمقدورى وصف المبدأ على أنه يقرر إمكانية وجود المعلومة من مكانين فى ذات الوقت. وبمزيد من الدقة، فإننا لنقول أن موضع حدث أو حزمة معلومات ليس موضعًا ثابتًا محددًا حيث قد لا يتفق المراقبون على متى وأين لاقت صديقتك مصيرها الرهيب. وبدرجة تشبه كثيرًا استنتاج أينشتاين أن تزامنية الأحداث نسبى فأننا استنتجنا أن مسألة ما إذا كان الحدث يقع خلف الأفق يعتمد على حالة حركة المراقب.

بمرور الوقت، بدأ مفهوم آخر فى الانبثاق عن هذه التجارب الذهنية. فالمفهوم الذى وضعناه - أنا وهوفت - قد يكون أغرب تطور غير متوقع فى الفيزياء منذ بدايات نظرية الكم والنسبية. فبالانطلاق من فكرة أن الأشياء قد تكون فى غير موضعها الذى تظهر فيه فإننا ذهبنا نحو الاستنتاج أن كوننا هو نوع من هولوجراف ثنائى الأبعاد يمثل كل شىء فى عالم ثلاثى الأبعاد. ومع أنه نظر إلى المبدأ الهولوجرافى على أنه أزمة قصوى فإنه الآن أحد أعمدة الفيزياء النظرية الحديثة. وسواء كنت على صواب أم لا فإنه ليحلو لى الاعتقاد أن الشاب أينشتاين كان يدرك هذا ويؤيده.

قال أينشتاين ذات مرة: "إن الشىء الأهم فى شخص مثلى ليس هو ما يعانيه أو مفردات حياته بل ما يفكر فيه وكيف يفكر فيه. ولعله قال أيضًا: "إن أعظم رضا ليس فيما أتوصل إليه بل فى كيف أتوصل إليه".

نحو قطار متحرك

جانا ليفين

جانا ليفين هى عالمة فيزياء نظرية. حصلت جانا على درجتها العلمية من MIT ثم حصلت على عدة زمالات لدراسات ما بعد الدكتوراة فى المعهد الكندى لفيزياء الفلك النظرية ومركز بيركلى لفيزياء الفك التطبيقية ثم بعد ذلك زمالات فى قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية بجامعة كامبريدج ثم قسم الفيزياء الفلكية فى أكسفورد. وتعمل ليفين الآن أستاذة للفيزياء بجامعة كولومبيا. وهى صاحبة كتاب "كيف يصل الكون إلى حالة: يوميات زمان محدود فى مكان محدود".

اليوم الثلاثاء

خطر آينشتاين ببالى ثمان مرات. نعم جاءنى اسمه وصوته ثمان مرات اليوم. لا شك أنها صور غير حقيقية بل هو تصورات، انعكاس من صنعى أنا - إنه آينشتاين كما عرفته.

١- الساعة ٦,٢٥ صباحًا. ليس هذا بميعاد الاستيقاظ لكننى أجبرت على الاستيقاظ مع نهاية حلم راودنى. الغرفة مظلمة كما لو كنا فى منتصف الليل ودافئة كالنسيم. كان طفلى واقفا فى سريره وقد التفت أصابعه الغضة حول حافة السرير وعينيه تجوبان الظلام بحثًا عنى. كان هذا موعداً غريبًا للاستيقاظ حيث قضينا - أنا وزوجى - الأشهر الأخيرة نجوب الشقة فى بواكير الصباح نتلمس النوم الذى جافانا.

أطال تقطع نومى (الذى كان قد يمتد لساعات) من الفترة الفاصلة الرائعة التى أعبر فيها من النوم إلى اليقظة دون أن أكون نائمة ولا مستيقظة. وبينما أنا بين الحالتين، لمعت فى ذهنى بعض الأفكار من أحلام مشوشة فإذا بها تتجمع شيئًا فشيئًا لتكون فى مجموعها أفكار حلم قد تصمد تحت ضوء النهار. لذا إذا لم أكررها بسرعة، فإنها تتبخر فى الصباح، لقد رأيت كيف قد يتحدب المكان بمنتهى الوضوح كما لو أننى أشهد الأمر عيانًا جهاراً. كان هناك توأم يدور حول الكون على حلزونات واضحة وبالكاد ما استطعت تقريبًا فهم مداراتها قبل أن تنزوى الخطوة فى محاكاة ضعيفة لأحلام آينشتاين.

ها أنا أستيقظ من سريرى وسرعان ما أنسى نصف الحلم الذى بدد لمعانه الغرفة المظلمة. أضغط على ذاكرتى لكنها تنهار وتتحول إلى شتات لا معنى له تحت ضغط الاستمرار المتواصل عليها. هنا أحتضن طفلى وأريح راحتى على راحته ويبدأ اليوم.

٢- ٨:٢٥ صباحًا.

أتفقد بريدى الإلكترونى فأجد جون بروكمان يطلب منى مقالاً حول آينشتاين قائلاً: "أسرعى بالأمر" وأجيب عليه "إننى أفكر بالأمر".

٣- ٨,٥٠ صباحًا.

يتصل بى صديقى مارك هاتفًا "إننى فى سنترال بارك، أنا هنا فى سنترال بارك". كان يقدم برنامج وثائقى بالقناة الرابعة للتلفزيون الإنجليزى حول العلوم العصبية للعبقرية، مقدمًا فقرة حول المادة الرمادية لدى آينشتاين ثم تحول بعد عشر دقائق إلى مانهاتن فى جنوب هارلم بالقرب من شقتى، بدا رائعًا وتحت بعمق حول مخ آينشتاين، كيف حمله بين يديه وكيف حظى بأجزاء منه بين يديه وفى قبضته.

أمضينا أنا ومارك ما لدينا من دقائق قليلة فى رؤية أحدنا الآخر. لقد كنا مذهولين أن نتواجد معًا فجأة فى نيويورك حتى أن أصواتنا علت وارتفعت لتغطى

ضجيج الشارع. نظرنا إلى الطفل، الذى ظل يتحرك، وشعرنا بالوقت يمر من حولنا غير قادرين على إيقافه. ابتعد مارك ومضى بعيداً عن شارعى وغاب عن نظرى. ماذا قد يريد المرء من مخ آينشتاين؟ لقد حبس علينا أنفاسنا بإيضاح ملحمى لنغمة العقل البشرى. إنه كتلة من المادة والكيمياء والدم وكالسوم وهيدروجين وعظام زلذا، لتطحن عظامه إلى كل جسيم أساسى ويبعثر حقيبة الرمال فى الفضاء. إن هذا ليس بأينشتاين الحقيقى خاصتى.

٤- ١٠:٢٥ صباحاً

بينما أنا فى منتصف الطريق إلى إلقاء محاضرة فى مقرر الكهرباء والمغناطيسية محاولة بكل جهد الإحاطة بالفصل ٢٩ من الكتاب الدراسى فأحسست أشكال الدوائر الكهربية لم تعد تستحوذ على خيال طلابى. توقفت عند جيمس كلارك ماكسويل لأذكرهم كيف وحد الكهربية والمغناطيسية. كيف اكتشف أن الضوء موجة من المجالات الكهرومغناطيسية. كيف أثبت أن سرعته، لقد أردت من ذلك أن أريهم أهمية وجمال تبسيط الطبيعة بكافة قواها فى قائمة من أربع قوى توضح كامل تطور الكون ونشأة الحياة (بما فى ذلك حياتهم) ومعها دوران المجرة حول محورها. أخبرهم خلال ذلك كيف ناضل العلماء بغية اختزال قائمة القوى الرئيسية من أربعة لاثنتين وكيف حلم آينشتاين بنظرية للتوحيد، واختزال هاتين القوتين إلى واحدة - قانون واحد رائع للفيزياء يشتق منه كل شىء، بما فى ذلك كامل الكون والزمن والمادة.

أخبرهم عن آينشتاين.

لكن تلامذتى مهووسين بتقديراتهم. فثمانية وثلاثين من تلامذتى الاثنين والأربعين يودون الالتحاق بكلية الطب. يسهل أن يثوروا مع صعوبة الموضوعات مثل الرياضيات وعدم الارتياح المبدئى للمفاهيم المجردة. قليل من طلابى يصبح حاد الطبع. لكنهم جميعًا احتاجوا من يطمئنهم وأخبرتهم أن واحداً من أساتذة آينشتاين أطلق عليه "كلب كسول".

أما قصة هذا القول فهى أن آينشتاين أحب النوم لعشر ساعات يوميًا ما لم يكن يعمل بجد على فكرة فتصبح أحد عشر ساعة. وبينما كان ينام كل ليلة وجزءًا من النهار فإذا بحلم يراوده. حلم آينشتاين أن يرتاد دراجته خلال الأشجار ويمسك بالضوء بينما يسقط على الأوراق. حلم بالزمن يقف ساكنًا كما لو أنه سافر بسرعة الضوء. حلم بالنسبية وبالزمكان المحدب.

عاودنى الحلم تشوبه غشاوة الصباح وهنا عاودت الحصة بسرعة من المثال الثانى من الفصل ٢٩.

٥- ١:٠٥ مساء.

فاتتنى وجبة الإفطار. كنت جائعة جدًا إلا أن تركيزى كان منصرفًا بشكل غريب إلى كتاب "فلسفة ميكانيكا الكم والنسبية الخاصة وميكانيكا الكم" لدافيد ألبرت. كان بمقدورى ترك مكتبى والذهاب لتناول الطعام إلا أن الجوع قد حال دون ذلك. كنت قد حصلت على الكتاب بالأمس فقط حيث أعطاه لى دافيد بنفسه بمكتب قسم الفلسفة. حدقت فى الغلاف فترة طويلة ثم أمسكت بالكتاب وتمددت متمايلة للخلف فى الكرسى حتى أنى كدت أسقط من عليه. بعد قليل توصلت إلى نقطة توازن آمنة بحيث لا أكون فى موضع متقدم جدا من الكرسى، وهنا عاودت القراءة مرة أخرى.

أدرك آينشتاين أن الزمان والمكان نسبيين. ولقد توصل إلى هذا الاستنتاج الذى لا يصدق خلال الفكرة القائلة أن سرعة ضوء ماكسويل الكهرومغناطيسى هى ثابت رئيس وهذا التأكيد البسيط مبالغ فيه ببساطة. لكن تجربتنا المعهودة هى النقض تمامًا. ومثال ذلك أنك إذا كنت منطلقًا تجاه قطار متحرك فإن سرعته النسبية بالنسبة لك تتغير. لكنك إذا كنت منطلقًا تجاه شعاع ضوء فإن سرعته التى تقيسها أنت، سوف تظل، دائمًا. فوضع آينشتاين نظريته للزمكان حول المقدمة القائلة أن سرعة الضوء ثابتة وأنه ليس بمقدور شىء السفر بسرعة تفوقه. وتخلى فى المقابل عن فكرة أن الزمان والمكان مطلقين ثابتين. وبهذا توصل إلى وضع النظرية النسبية. أما المعانى

الضمنية فكانت أشبه بالحلم وخرج بها أينشتاين خلال تجارب ذهنية مذهلة. تخيل أينشتاين رائد فضاء فى صاروخ فى رحلة دائرية، رحلة فى أعماق الكون بسرعة تقارب سرعة الضوء بينما يظل توأمه على الأرض ولا يغادرها. وهنا لكى يقيس الأخوان ذات سرعة الضوء فإنهم لابد أن يمرا بذات المر من الزمن. إذن عندما يلم الشمل ويجتمعا معا، فإنهما لن يكونا بذات السن، فبينما يكون رائد الفضاء لم يتقدم به العمر سوى سنوات قلائل، فإن توأمه الأرضى يكون هرم عجوز.

تحدثت إلى دافيد بالأمس حول هذا الأمر - مفارقة التوأمين. هنا مضى دافيد إلى تلك السبورة السوداء فى مكتبه والتقط إصبع طباشير ليرسم به خطين متقاطعين ثم يتحدث عن عدم الاتساق بين ميكانيكا الكم والنسبية الخاصة. وهنا تتملكنى الدهشة والعجب أن كيف لخطين بسيطين أن يرمزا إلى الكثير من الأفكار المتنوعة؛ تشتت جسمين تحت ذريين، وافتراض إقليدس الخامس والذى يحمل ضمنيًا أن الخطوط المتوازية لا تتقاطع أبدًا وإلا اتضح أنه غير سليم فى حالة المكان المتحدب. واليوم يجسدان النسبية اتامة للملاحين، رائد الفضاء وتوأمه.

تحدث دافيد عن عدم اتساق ميكانيكا الكم مع النسبية الخاصة. فميكانيكا الكم تتيح أحداث عارضة Casual - أحداث مرتبطة بسرعة أكبر من الضوء. وقد تختار مسار بعينه فى الفضاء، وبالتالى تدحض مقدمة النسبية الخاصة القائلة بأن كل القياسات النسبية وأنه ليس هناك من مسار خاص دون غيره. فأيهما سيكون له الغلبة والنصرة؟ أهى ميكانيكا الكم أم النسبية الخاصة؟ أيهما صواب؟ أتطلع إلى هذه الجلسات واللقاءات هاهنا بمكاتبنا أو على المقاهى التى نعمل فيها بالفكر والمسألة تجاه هذه المسائل والأفكار لنرى أيهنا سوف تنهار تحت الضغط فأيهما سوف تصمد. فأحيانًا ما تبدو الأفكار الفيزيائية كما لو كانت عملة معدنية فى راحة يدى. لكن تتغير المنظور والنظرة. وتصير هذه الصخرة الصلبة أضعف من شق النواة. وهكذا تمضى الحياة.

٣:١٥ مساء

كنت أتمشى فى برودى لكن الشمس كانت فى مواجهتى فلم أستطع التحديق بها فلم أر الشارع بل كانت رؤيتى تحت مستوى محدد من الارتفاع أما أعلاه فكان ضوء النهار الأبيض. تخيلت الكون متناه مغلق مثل سطح الكرة. هنا يمكن لرائد الفضاء الدوران حول الأرض إلى الأبد ملوحًا لأخيه مع كل دورة حول الأرض. هنا يرى كل توأم ساعة أخيه تدور ببطء. فأى منهما ليس بخاص. فالزمن نسبى. إذن أى التوأمين أصغر؟ أهو الزمن الذى يقيسونه؟ من يلاحظ ماذا ومتى بالحظه؟

بحثت فى محفظتى عن قصاصة قديمة مطوية تملأها الحسابات والأشكال والملاحظات، عليها علامات أخرى مكتوبة بخطوط غليظة لتذكرنى عندما أقرأها ثانية. فضضت الورقة المطوية وترجمت ما عليها فى شكل شبه دائرى. ظللت أضم هذه الورقة فى يدى اليسرى ومن بعدها اليمنى ومرة أخرى، مستمتعًا بهذا الصوت حتى انتهت مقاومة الورقة وخفضت صوتها وصارت أقرب إلى قطعة من القطن - قذفت بها إلى سلة المهملات لتطير بعيدا خلف رأسى متنحية للخلف كما لو كانت جسمًا صلبًا من الرصاص، أو كرة من الجلد ويدفع إياها بعنف فى منحنى جميل كما كنا نراقب جسمًا ذا ثقل هائل، إنها تطير بحرية تعلق فى الهواء وتهتز حتى ترتفع حاوية معدنية مع دوران الأرض ليبلعها بالكامل. بدت الإجابة صحيحة. لكنها كانت لتبدو أفضل أعلى ورقة أنظف.

٥:٠٣ مساء

أنا الآن فى منظر الوتر برايان جرين. تبدو النافذة فى الناحية البعيدة من الغرفة أشبه بالضوء الغامر، لذا يبدو جرين وكأنه ذو صورة ظلية خلف مكتبه الضخم وهذا أربكنى بحق. ألقيت بنفسى على الكرسى المقابل له شاعرة بالتضاءل بنسبه الحمقاء فظهر الكرسى يرتفع فوق رأسى لما يزيد على القدم ونصف القدم، وهذه الأذرع المطرزة بأشكال دوائر تحتضنى كما لو كانت محارة ضخمة صامتة وهو ما أثار أعصابه.

أخبرته عن أحاديثى مع الفلاسفة. وتحدثنا عن التوأم والنسبية. إنها كانت محادثة تمضى قدما للخلف، فكنا نبدأ باستنتاج ونعود أدراجنا على نحو متكرر خطوة فى خطوة الزمان لنقف على خطأ ما فى كل خطوة. فى النهاية، انتقلنا إلى المعادلة المشهورة E=mc2 the. لم نأخذ شيئًا على علته. ولم نفترض شيئًا. وكذلك لم نعتقد بحجة شيء باستثناء ثبوت سرعة الضوء. ومن هذا المبدأ الواحد، اتخذنا خطوات مترددة إلى الأمام ثانية.

ليس لدينا سؤال واضح لنجيب عليه. وقد يستغرق بروز سؤال جيد الصياغة أسابيعًا. فالأهداف المذكورة بدقة هى ذاتها علامة كبرى على التقدم. وأما ما نقوم به حتى الآن فهو اختبار ما نعرفه فقط.. ثم وضعنا أيدينا على اقتراح، هل يمكن أن يكون هناك ثمة رابط بين التوأم والأماكن المتناهية واتساق ميكانيكا الكم والنظرية النسبية الخاصة؟ هل نستخرج بشيء حتمى من هذا مجموعة من القطع المختلفة أما أنه سنتهى إلى سراب؟ بل مضى عود الحبكة يشتد.

٨ ١٢:٣٥ صباحًا

كنت أستمع إلى الراديو القوى العام على الهواء إلى تعليق حول أول رائدة فضاء. بينما أستمع أخذت عينى تتحرك نحو مكان ما بتركيز. كنت أحدق إلى مقاومة جوبة بلاستيكية حرارية شفافة من ثمان أو اقدام مربعة مشتبه على الجدار الأبيض فى غرفتنا الأمامية. كانت الزوايا مهترة حيث شقت المسامير طريقها وينبعث خيط من التمزقات من النقاط الضعيفة، لكنها بدت من هذا خطوط متقاطعة مرات ومرات، وبرزت الرؤوس بالعلامات المميزة الخضراء والزرقاء والقرنفلية المتوهجة. إنه رمز للفضاء بلا حدود.

أحدق إلى الجدار لساعات. الطفل نائم لكن هناك بعض من آثار الحبر على قدمه حيث حاول الإسهام فى آخر دفقة من الحماس هذا اليوم قبل أن يتعكر مزاجه طلبًا للنوم. أحدق إلى الجدار وأحاول رؤية ممر الضوء هذا بينما يحاول رواد الفضاء متزامنة ساعته.

نـال الإرهاق والتعب منى، وأحبطت بالمهارة فى ذات الوقت يخدعنى. ثم هدأ مزاجى بتلك الصـورة المضحكة لآينشـتاين حيث يبدو ذو أنف مصباح كبير وشعر ثائر وشارب كث كثـيـف وابتسامة محجبة ثم صـارت الصــورة أكثر إضحاكـاً عندما يغلق عينيـه ثم يشـخر ويحلم بطـريقته إلى الحقـانق. هنـا أشعر بالـدفء يتدفــق فى نعــاسى ويغـرى أحـلامى.

ثم تأتتنى فكرة عن مقالى حـول آينشـتاين كما عـرفته لكتال بروكمان وأبدأ فى كتابتها. هو آينشتاين كما عرفته أمام عينى.

ربطة عنق آينشتاين

مارشيللو جليسير

ولد مارشيللو جليسير فى ريو دى جانيرو وتعلم هناك حتى درجة البكالوريس، ثم نال درجة الدكتوراه من جامعة لندن عام ١٩٨٦. بعد ذلك قضى عامين فى منحة زمالة بمختبر معجل معمل فيرمى بإلينوى ثم زمالة ثلاث سنوات فى معهد الفيزياء النظرية بجامعة كاليفورنيا بسانتا باربرا لينتهى به المطاف فى دارتماوث أستاذًا للفلسفة الطبيعية فى قسم الفيزياء والفلك. وهو مؤلف "النبى والفلكى: رحلة علمية إلى نهاية الزمان" و"الكون الراقص: من أساطير الخلق حتى الانفجار العظيم".

قبل أسبوعين من عيد ميلادى الثالث عشر وجدت جدتى تطرق باب غرفتى على استحياء. كانت غرفتى، وكما هو الحال مع معظم المراهقين، منطقة محرمة ولم يكن جميع أفراد الأسرة مسموح لهم بدخولها. لكنى دعوتها للدخول مترددًا فدلفت إلى الغرفة تحمل لفة مسطحة ملفوفة بعناية وحرص.

قالت لى "إننى أعرف كم أنت مولع بالطبيعة وقدر اهتمامك بالعلم لذا فكرت أن أهديك هذه الهدية الصغيرة". أعطتنى لفة تفوح منها رائحة الرطوبة البرازيلية والنفتالين. هببت مسرعًا أنزع أوراق اللفة وما أن وقعت عيناى عليها حتى أسقط فى يدى. لقد كانت صورة لآينشتاين لكنها لم تكن مجرد صورة بل صورة موقعة من ألبرت آينشتاين ذاته!

هنا علقت جدتى قائلة "لقد استضاف زوج أختى آينشتاين عندما كان فى ريو ١٩٢٥م. انظر هاهو إيزريو كوهين إلى جواره فى الصورة. أترى ربطة العنق التى يرتديها آينشتاين، إننى لا زلت أحتفظ بها"!

ما أن سمعت هذه العبارة حتى نظرت متوسلاً إلى جدتى دونا روث لكنها أجابتنى ضاحكة "عليك أولاً أن تنتظر قليلاً لتنالها. عليك فى البداية إقناعى أنك تستحقها وجدير بها" لم تكن رشوة العجوز اليهودية تفشل أبدًا.

توفت دونا قبل أن تمنحنى ربطة العنق وهى الآن مع واحدة من أسرتها تبلى على الأرجح فى إحدى خزانات الملابس المغلقة. أما الصورة فقد وثبت إلى جدارى مباشرة وصنعت لها إطارًا بكتب العلوم والرياضيات وتسجيلات موتزارت لكونشرتو زوج من الكمان من مقام ٢ ماجور. بدأت أدرس الفيزياء بحق - ربما بما يتجاوز ما تتطلبه المدرسة. فإذا كان بمقدور آينشتاين الوقوف على الأنماط الخفية التى تحكم الظواهر الطبيعية فإنى أردت أن أفهم ما استوعبه هو على الأقل. لقد صار

آينشتاين، فى مخليتى أنا المراهق آنذاك، رمزًا أكبر من الحياة. فهو رجل يهودى مناصر للسلام يحب الموسيقى ويبحث عن وصف موحد للظواهر الطبيعية. كنت مسحورًا بوجهة نظره الأفلاطونية فى العالم والهندسة كوسيلة لكشف النقاب عن أعماق أسرار الطبيعة. عرفت أن جوهانس كبلر قد بدأ هذا الدرب فى القرن السابع عشر ومنذ ذلك صار البحث عن أنماط هندسية بوصفها لغة الطبيعة السرية هوسًا بالنسبة لى، ولا زال كذلك حتى اليوم.

لا يسعنى الإنكار أننى باطنى mystical نوعًا ما لكننى كذلك أيضًا مع آينشتاين وكبلر وإن كان بطريقة مختلفة تمامًا. ولقد اكتشفت - وبينما العلم يخاطب بعضًا من أهم الأسئلة الرئيسة حول الوجود - أن لدى الشجاعة لأقبل على الفيزياء متخذًا إياها مهنة العمر وليس فقط مجرد مطلب تعليمى. يا له من امتياز أن تعمل على هدف أكبر من الحياة وأطول من الزمن!

قال آينشتاين فى مقاله المنشور عام ١٩٣٠م تحت عنوان "معتقدى": "إن الغموض هو أرقى تجربة يمكن للإنسان اختبارها". لم يكن هناك من جملة قالها آينشتاين أو غيره لها مثل هذه العبارة من التأثير على حياتى بأسرها. فهذه العبارة تجمع بين طياتها بكل جمال لماذا قررت أن أصبح عالمًا.

وعندما بدأت أشب كنت قد بدأت البحث عن إجابات لأسئلتى فى الدين تماما كما فعل آينشتاين. على كل حال أصر المعلمون أن قصص الإنجيل صادقة صحيحة وأنها ليست صادقة فحسب بل حقيقة مقدسة غير قابلة للإنكار أو موضعا للمساءلة.

على أن الموت اقتحم حياتى مبكرًا جدًا بخسارتى المأساوية العظيمة لأمى. كانت حقيقة صعبة جدًا ومؤلمة بدرجة لا يمكن تحملها. وكطفل حساس سريع التأثر، بحثت عن بديل فى الأمور الخارقة السحرية. كان من الواضح أنه إذا كانت القصص الدينية سليمة فإن هناك حقيقة غير مرئية توازى عالمنا، عالم يسكنه الملائكة والشياطين يحمل وعود الحياة الأبدية. فإذا كان ذلك صحيحا فإنه ينبغى على أن أمتلك ناصية كل وسيلة تمكننى من الوصول إلى أمى وإعادة التواصل معها. فإذا كانت أمى فى الجنة كما أخبرونى مرارًا فإنها ستكون ملاكًا وبالتالى ستهبط إلى الأرض لتزور ابنها. لكننى لم أستطع أبدًا القبول بفكرة تحولها إلى ذاكرة باهتة تتلاشى مع مرور الزمن لذا بحثت وانتظرت وصار الأمل هو زادى وعتادى.

بالطبع لم يزد الأمر على شغفى المتزايد على الأدب القوطى وأفلام الرعب ولم يحدث شيء، ولم أعد مخدوعًا بعد ذاك. كنت قد تعلمت من كتب التاريخ أن هناك الكثير من الناس الذين توفوا - أو قتلوا - باسم الدين، زاعمين أن الرب فى صفهم. وبينما أنا خائف، أدركت أن هذه الجرائم لازالت ترتكب فى القرن العشرين كما هو الحال منذ القرن الثانى عشر. فإذا كان المقصد من الإيمان هو دفع الناس نحو حياة أفضل فإنه لمن الواضح أن هذا المشروع الإيمانى يسير من إخفاق إلى آخر. مع بدايات المراهقة بدأت مشاعرى فى التحول من كشف النقاب إلى الثورة. لقد أسقطت تصديقى لخوارق الأمور وقصص الكتاب المقدس وبهذا كان لابد من وجود طريق آخر لفهم العالم.

كانت صورة آينشتاين هى طوق الإنقاذ الذى أخذ بيدى وسط كل هذا. كان أمامى عالم - لكنه ليس أى عالم بل هو واحد من أعظم العلماء (الذين عرفناهم) على الإطلاق قال ذات مرة أن الغموض هو وقود الإبداع العلمى. لكن كيف يمكن أن يحدث ذلك؟ إن قصص الكتاب المقدس صورت العلم على أنه أمر رياضى جامد قائم على ما هو مادى لذا فإن العالم بذلك لابد وأن يكون عقلانى حتى النخاع، أى محض آلة استنتاج. إذن ليس هناك مشاعر فى العلم ولا أدنى مساحة للغموض بلا شك. لكنى ما كنت أنظر إلى هذه الصورة إلا أجد عينين عطوفتين رقيقتين وشعر ثائر وشارب كث لا آلة استنتاجيه، بل هو شخص لم يبدو أمامى أن اهتماماته تتركز على الحقيقة اللحظية. بل وجدتنى أمام عالم - فنان، شخص جمع بين بديهة الحدس والمنطق وأشبع بحثه الروحى وراء المعنى خلال عمله العلمى. وبهذا رأيت العلم يقرب الإنسان من الطبيعة إذ رأيت أمامى ناصحًا ومخلصًا أمينًا.

ليس هناك من شك أن هذه الصورة لآينشتاين محملة بدرجة رومانسية إلى حد كبير ومن المحتمل جدًا أننى لو التقيته أصبت بالإحباط، فهذه الأيقونات تضخم أصحابها، وهى تستخدم بطريقة أنانية لتعطى حياتنا معنى لذا نفصلهم عن واقعهم جاعلين إياهم (أو ما نعتقد أنهم يمثلونه) جزء من توقعاتنا أو كوننا الخاص. فنحن نحتاج إلى الافتتان بشخص ما أو شىء ما لذا يمكننا تجاوز ذاتنا وتخطيها إلى آفاق أكبر. وبهذا صار لدى آينشتاين وصار علمه ديانتى، هذه الديانة التى يسير عليها كل من يهتم بالتعلم، هذه الديانة الحافلة بالغموض.

يخلق الإحساس العميق بالسعى وراء هدف جليل علماء عظامًا. وهم فى ذلك لا يختلفون عن الفنانين. ومع تخوفى أن يطلق على ذى نزعة شاملة عمومية فإنى لأقول أن القوة المحركة الرئيسية وراء كل عمل إبداعى هو الوعى بأخلاقياتنا. فنحن نستمع اليوم إلى بيتهوفن وجون لنيون ونحيط أنفسنا بصور مارك شاجال وبوتشيلى ونقرأ أعمال شكسبير وفرجينيا وولف وندرس نيوتن وآينشتاين. ومازال جوهر هذا كله قائم بيننا وكما قالها شكسبير فى السوناتا ١٩ "ومع ذلك، فلتأت بأسوأ ما لديك، أيها الزمن العجوز/ فحبى ليظل شابًا إلى الأبد فى أبيات قريضى".

إن الواقع الفيزيائى المباشر الذى نعايشه لهو واقع نيوتينى. فالأشياء التى تسقط وتطير وتتحرك والكواكب التى تدور حول الشمس (باستثناء التصحيح الصغير فى مدار عطارد) وحتى دوران طريق درب اللبانة وجميع هذه الأمور كلها فى فيزياء نيوتن. لكن ما إن نوسع فهمنا لعوالم غير قابلة للملاحظة عملياً، كعوالم الجسيمات تحت الذرية والنجوم الضخمة التى تقترب من نهايتها والتمدد الكونى ذى الأربعة وعشر بليون عاماً، فإننا نصل إلى آينشتاين. لقد وحد نيوتن فيزياء الأرض مع فيزياء السماء موضحًا أن ذات مجموعة القوانين التى تسرى على الحركة الأرضية تسرى على السماء. ولقد تم ذلك بافتراض بنية متراصة بقوة للزمان والمكان حيث المكان هو أين تحدث الوقائع وحيث الزمان هو بمثابة ساعة للأحداث. ونظراً لأن هذه هى الكيفية التى نستوعب بها الزمان والمكان من وجهة نظرنا المحدودة على السرعات البطيئة والمسافات التى تحدد وفقا لقدرات الإنسان، فإن فيزياء نيوتن لها ألفة مريحة مع الأمور من حولها. إنه بهذا علم يساعدنا على التحكم بواقعنا المحسوس من حولنا حتى نفهم ما حولنا ونقدره.

لكن الحال على غير ذلك تماما مع آينشتاين حيث علم آينشتاين علم ثائر يهاجم المعتقدات مجهزًا حتى النهاية على هذه الأفكار النيوتنية عن الزمان والمكان التى كانت ثابتة راسخة لا شيء يهددها. بل إن علمه فتح الباب على عالم غير مرئى غير معروف ذى خصائص غامضة وتأثيرات غريبة متجاوزًا استيعابنا الحسى. إنك ما أن تطأ هذا العالم الجديد لا يسعك العودة أبداً. وكما البطل فى عودته من بحثه ورحلته فإنك ستجد نفسك قد تحولت وصار لديك مفهوم جديد للواقع، لقد كان هذا العلم مثل مرور الطقوس، علمًا يشبع الروح. ولعل أفكار نيوتن كان لها تأثير على عقول فلاسفة مطلع القرن التاسع عشر ذلك أنها هى الأخرى تكشف النقاب عن العلاقات الخفية غير المرئية بين السماء والأرض لذا جرى النظر إلى الجاذبية على أنها قوة خفية غامضة ؛ قوة تنشأ خلال المادة عبر آليات غير معروفة وتنتشر آنيًا خلال المكان دونما تفسير واضح. لكن على حين تعامل نيوتن مع الأمر بشكل خفيف فإن آينشتاين تجاوز ذلك فهو أيقون مختلفة لعصر مختلف.

ليس هناك من عجب أن صار آينشتاين محط هوس الكثيرين، وكيف لا؟ ففى عالم مزقته أشلاء أشد الحروب وأكثرها ضراوة وشراسة، فإن هذا العالم اليهودى كان يصرح بآرائه حول واقع يتوحد فيه الزمان والمكان فى زمكان رباعى الأبعاد حيث قد ينكمش المكان وقد يبطئ الزمان وحيث المادة ليست سوى طاقة متكتلة مكثفة. فمن إذن لا يود الخروج من الحالة المزرية لأوروبا فى العشرينيات إلى نطاق عالم يتجاوز الحواس؟ إذن نحن أمام رجال سيطر عليهم ذات التحول. فإلى جوار آينشتاين هناك أفلاطون الذى دفعته حرب عام ٤٠٠ ق. م. بعيداً عن بداهة سقراط الأخلاقى إلى واقع نموذجى من أشكال التفكير الخالص. ولقد حقق كبلر ذات الشىء عندما أتت حرب الثلاثين عاماً، وإن لم يكن هو رمزاً مشهوراً فى حياته. فدائما ما كانت الفكرة أنه إن لم يكن هناك من نظام على الأرض فلابد أن يكون هناك نظام فى السماء.

تزين صورة آينشتاين الموقعة منه اليوم جدار مكتبى بكلية دارتموث. إنه ليس التوقيع الأصلى حيث لا أود أن تتعرض للإشعاع فوق البنفسجى من الشمس فيخفت أكثر مما كان عليه بالفعل منذ ثمان عقود. وبعيدا عن التعمق بدرجة أكبر فى علم الرجل ونشر عشرات الأوراق القائمة على علمه بشكل مباشر أو غير مباشر فإننى قد تعلمت أيضا الكثير والكثير عن حياته الشخصية والمعضلات الأخلاقية خلال العقدين الماضيين. إنه لمن العسير على شخص مثلى تربى ونشأ فى ريودى جانيرو خلال ستينيات وسبعينيات القرن الماضى أن يتخيل الصعاب الأليمة الموجعة للعيش خلال حربين عالميتين وأن تكون يهوديا فى ألمانيا العشرينيات والثلاثينيات وأن تشهد تفجير القنبلة الذرية على ناجازاكى وهيروشيما وتتابع تطوير القنبلة الهيدروجينية. ويا لها من مفارقة أن جريدة التايم التى اختارت أينشتاين شخصية للقرن فى عددها الصادر فى الثالث من يناير ٢٠٠٠م قد وضعت صورته على غلاف عدد يوليو ١٩٤٦م وخلفيته شكل عيش الغراب – هذا الشكل المميز للقنبلة الذرية مكتوب عليه $E=mc^2$ – بينما كان التعليق بالحجم الكبير "الحزن العميق". إنى لأتساءل كيف كان وقع هذا الأمر على الرجل المحب للسلام الذى استخدم شهرته لتدعيم ونشر قيم المساواة والديمقراطية. يا للسرعة التى جرى بها شيطنة قديس العلم ونصير الوئام ليصير كبش فداء لجيل كامل من الفيزيائيين!

لقد أعاد تفجير القنبلة الذرية تعريف دور العالم فى المجتمع أكثر من أى حدث آخر فى التاريخ. فمنذ عهد أرشميدس على الأقل - الذى حالت أدواته العسكرية الغريبة دون استيلاء عدد هائل من فرق الجيوش الرومانية على سيراكوز Syracuse - فإن العلم يستخدم ويستغل لأغراض سياسية. واليوم كالبارحة، إنه لمن الواضح أن الأمة ذات أقوى تكنولوجيا عسكرية هى من تتسيد المجال السياسى. لكن هذه السيطرة اتخذت شكلاً آخر بعد تفجير القنبلة الذرية، فلأول مرة فى التاريخ يؤتى الإنسان من القوة والقدرة ما يبيد به ذاته والحياة مرات عدة. لقد صار العلم إذن مرتبطًا بنهاية العالم وهو ما دفع ج روبرت أوبنهامر نحو اقتباس كلمات مشهورة من كتب البوذية "لقد صرت الموت الآن، لقد صرت مدمر العوالم".

على الرغم من أن تكنولوجيا القنبلة الذرية وما يرتبط بها من فروع الفيزياء لها ارتباط ضعيف جداً بآينشتاين أو مجالات بحثه فإنه دوما ما ألقى عليه بلائمتها. ليس علينا سوى النظر إلى كل هذه الأعمال السينمائية والكوميدية التى تقدم العالم المجنون الذى يود تدمير العالم بشارب وشعر آينشتاين مع لكنة ألمانية فى طيات حديثه. وبينما كنت أمضى إلى مرحلة الشباب كان من الصعب التوفيق بين الصورتين - ذلك العالم المبدع والعالم المدمر. فلقد أبيت النظر إلى العلماء إلا بأعين الخلود لذا وضعت الأمر برمته وبررته على النحو التالى "إن هؤلاء السياسيين الجشعين قد تلاعبوا بالعلماء واستغلوهم "لكنى أدركت مع مرور الزمن أن هناك ثمة صلة حتمية بين العلم والقوة والسياسية، ذلك أن العلم يخدم أفضل البشر وأسوأهم كلاهما. ويتستر الكثيرون منا نحن العلماء وراء الكيان الأكاديمى المتخلخل حتى نقنع أنفسنا أن ذلك يجعلنا بمنأى ومأمن من الجانب المظلم للعلم. لكن ذلك لا ينجح ولا يحقق المأرب منه ذلك أن العلم يحتاج إلى تمويل وهذا التمويل - خاصة مع العلوم الرئيسة - يأتى من الحكومات والتى بدورها قد يكون لها سياسات لا تدعمها. وعلى كل حال مهما كبر الأمر أو صغر فإن لكل العلماء تورطًا فى هذه الأمور القذرة. لذا فلقد أدرك آينشتاين ذلك وأنه لابد أن يقبل بصورته على غلاف التايم بكرامة وإباء شخص يدرك الواجب الأخلاقى فى أن ينوء بثقل أعباء عصره - ربما كل العصور.

أتطلع إلى الصورة المعلقة على الجدار فأجد آينشتاين فى ذات عمرى عندما التقطت الصورة. كان قد قدم أعظم إنجازاته آنذاك. صحيح أنه كان لا يزال يخوض جدالات حادة حول طبيعة الميكانيكا الكمية، خاصة مع نيلز بور لكن الكثير من زملاؤه، خاصة الأصغر سناً، كانوا يرون هذه المقاومة للقبول بالخصائص الاحتمالية الجوهرية للذرات على أنه موقف فلسفى متسق مع شخصية هذا المنشق. لقد أدرك آينشتاين أن له مهمة مختلفة وعلى ذلك فإنه إذا حوَّله المجتمع إلى رمز مختلف فإنه بمقدوره أن يستخدم ذلك بأقصى درجة فى سبيل ما يؤمن به. فلم يكن يريد فى أعماقه سوى أن يمضى حياته يفكر فى الفيزياء وينغمس حتى النهاية فى هذا البحث الغامض عن نظرية المجال الموحد المراوغة التى سوف تخيط ثوباً هندسياً رائعًا للعالم، هذا الحلم الأفلاطونى. لكنه أدرك أيضًا أن الانسحاب من العالم أمر غير أخلاقى وأنه يجب أن يكون صوته مسموعًا وأنه بمقدوره أن يحقق اختلافًا كبيراً. لذا نجد أنفسنا فى عام ١٩٢٥م حيث وصل آينشتاين إلى أمريكا الجنوبية ليلقى أحاديثه عن النسبية ولجمع أموال لصالح الحركة الصهيونية.

عندما وصل آينشتاين إلى منزل كوهين، كانت الخطوة التالية هى الذهاب مباشرة إلى القاعة التى سيلقى بها المحاضرة لكن المفاجأة التى أذهلت كوهين واستولت عليه أن آينشتاين لا يرتدى رباط عنق بينما هناك عشاء رسمى فى نهاية الحفلة، ولذا قال له: "لابد أن أجد لك ربطة عنق يا بروفسير". ولابد أنه أجابه "إذا كنت مصراً". بمقدورى تخيل عينى آينشتاين الزائغتين وهو قلق من هذه الرسميات غير ذات الفائدة التى يقيد بها الناس أنفسهم. دلف إيزودودو إلى غرفة نومه ثم خرج ممسكا بربطة عنق نحيفة داكنة اللون وقال "تفضل سيدى، هاهى ربطة عنق لك، يمكنك الاحتفاظ بها ولعلها تكون ذات فائدة".

ارتدى آينشتاين ربطة العنق وهنا ظهر مصور كأنما انبثق من العدم وعندها سارع قريب جدتى "بروفسير آينشتاين، آمل ألا تمانع أن أحظى بصورة معك، سأكون ممتنًا جداً لذلك، هل من الممكن أن تشرفنى بتوقيعك عليها؟" وهنا علت الابتسامة وجه آينشتاين مجيباً إياه "بالطبع".

مر يومان وإذا بطرد يحتوى على الصورة ممهورة بتوقيع آينشتاين يصل لإيزيدورو لكن المفاجأة أن احتوى الطرد على ربطة العنق وإلى جوارها ملاحظة أشكرك سيد كوهين لكرمك لكننى فى الحقيقة أود بشدة ألا أمتلك ربطة عنق فيكون لدى سبب لعدم ارتدائها فى أى مناسبة".

إن ربطة العنق هذه لم تصلنى حتى اليوم وآمل حقًا أن أكون أستحقها الآن فتتوسط لى دونا روث لأحوزها وأجمع بقية مقدساتى الفيزيائية.

أعظم اكتشاف لم يصل إليه آينشتاين

روكى كولب

يعد إدوراد دابليو روكى كولب المؤسس الرئيس لمجموعة "الفيزياء الفلكية"فى المعجل الوطنى بمعمل فيرمى فى باتفيا بإلينوى ويشغل منصب مدير مركز الفيزياء الفليكة للجسيمات. ويعمل كولب أيضا بروفسير الفلك وعلوم الفيزياء الفلكية بجامعة شيكاغو. نال كولب درجة الدكتوراه فى الفيزياء من جامعة تكساس ثم حصل على فرصة لدراسات ما بعد الدكتوراه فى معمل كالتك (معهد كاليفورنيا للتقانة) ولوس أنجلوس الوطنى حيث كان زميل بحث ل ج روبرت أوبنهايمر. وعمل كولب فى مجال التحرير مع مجلة الفلك وغيرها من المجلات العلمية. وتلقى عام ٢٠٠٣ ميدالية أورستد من الجمعية الأمريكية لمعلمى الفيزياء. وكولب هو مؤلف كتاب "مراقبو السماء العميان" الذى نال عام ١٩٩٦ جائزة إيمى (من الجمعية الأمريكية لعلوم الطيران وهو مؤلف مشترك (مع مايكل س بيترز) للكتاب الدراسى العيارى عن فيزياء الجسيمات وعلم الكون).

فى كوكب صغير بين ملايين الكواكب فى واحدة ضمن بلايين المجرات الممكن ملاحظتها، تطور نوع مخلوق ذو فضول هائل للنظر فى آفاق الفضاء الخارجية والأعماق الداخلية للمادة ومحاولة فهم كيف تعمل كلها. ومع ذلك فإنك إن تجد شخصًا يبحث متأملاً فى أصل الكون ونهايته (قدره) فإنه يمثل حالة ملحوظة وجديرة بالملاحظة فعلاً، فمعظم الناس ينطلقون كل صباح دونما تفكير حول موضعهم من المكان والزمان.

ولعل ذلك أمر جيد فإذا كانت أولى خواطرك هو عدم أهمية حياة إنسان واحد فى خضم سحابة الزمان والمكان، فإنك قد تجد نفسك مدفوعا نحو جذب الغطاء على رأسك لتعاود النوم. لكن بدلاً من الرهبة من الاتساع الشاسع للكون، فإن البعض يصبحون صباحًا يكرسون حياتهم لمحاولة فهم أصله وتطوره.

أقدم نفسى لغيرى من العلماء قائلاً: "إننى عالم متخصص فى علم الكون وأنا فخور بذلك" وعادة ما يطلق ذلك الضحكات. فعلم الكون – دراسة أصل وتطور وقدر الكون – كان يعد نوعًا من الاحتيال حتى وقت قريب جدا بل نظر إليه فيما مضى على أنه علم ذو سمعة سيئة لا يفوق الميتافيزيقا سوى نذر يسير ولا شك أنه ليس صلبًا، ذى نتائج تجريبية صارمة تقيد تخيل وتأمل المنظرين. فكونك عالم متخصص فى علم الكون لم يكن شىء موضع فخر. لكن علم الكون اليوم ليس مثل سابق العهد الذى عرفه الآباء. بل إن هناك ثمة مزيج من الملاحظة الدقيقة والتطورات الفيزيائية الجريئة قادت إلى الخروج بنموذج معيارى كونى وعلى الرغم أن هذا النموذج الكونى يشمل اختراع جسيمات وتداخلات جديدة، فإنه قائم بالدرجة الأولى وبقوة على النموذج المقبول لفيزياء الجسيمات. نموذجنا الكونى الحالى يبدو قادراً على وصف أصل الكون من حادث واحد منذ نحو ١٣.٧٨ بليون عام وكذلك تطوره من ضباب عديم الشكل من الجسيمات الأولية إلى البنية الكونية الحالية للنجوم والمجرات بل وحتى يشير إلى قدر جديد غير متوقع للكون وهو التمدد المتسارع الأبدى.

لا شك أنه ليس هناك من أحد يتوقع فعلاً أن يمثل النموذج الكونى المعيارى الصورة النهائية الكاملة للكون، لكن معظم أهل هذا العلم يعتقدون أنه يمثل قسم كبير منها. وعلى الرغم من أن نموذجنا قد ينظر إليه بعد مائة عام من اليوم على أنه ساذج فى بعض الجوانب فإنه على الأرجح لن يفتقر إلى الجرأة والخيال. بل إنه يعرض لأسئلة وضعت فى المقام الأول لتكون إلى الأبد خارج مجال البحث العلمى. لذا فإن آينشتاين كان ليفخر بهذا.

إن أساس علم الكون الحديث هو نظرية الجاذبية - النسبية العامة. فليس بمقدورنا التعامل مع الأسئلة الرئيسية لعلم الكون الحديث بدون هذه النظرية ذلك أن علم الكون الحديث بدأ بعد التوصل إليها بوقت قصير بل إن الحق أن أولى أوراق علم الكون الحديث هي تلك التي كتبها آينشتاين نفسه عام ١٩١٧م. جاءت الورقة تحت عنوان "اعتبارات كونية حول النظرية النسبية العامة" وتمتعت بعدد من جوانب التميز. أولها أنها احتوت على مفهوم الثابت الكوني، هذه الفكرة الجامحة القائلة بأن للمكان الفارغ كثافة طاقة كتلة mass energy density وهو نوعاً من وزن المكان. ولقد تبرأ آينشتاين نفسه من هذه الفكرة خلال ثلاثينيات القرن الماضي بعد اكتشاف تمدد الكون ليظل الأمر على هذه الحالة حتى بعث العلماء بهذا الثابت إلى الحياة ثانية في أواخر القرن المنصرم ليفسر التسارع الواضح لتمدد الكون. لكن يظل أهم وأبرز جوانب الورقة الجديرة بالنظر إليها هو ما أخفقت الورقة ذاتها دون تحليله والتوصل إليه. فلقد كان يتوجب عليها التنبؤ بالكون منذ الانفجار العظيم، هذا هو أعظم اكتشاف لم يهتد إليه آينشتاين.

استغرقت ورقة عام ١٩١٧ عن علم الكون أقل من عامين بعد تلك الورقة الثورية حول النسبية العامة، اكتشاف آينشتاين الأعظم. ولابد أنه أدرك، بدرجة تفوق غيره، أن نظريته هذه عن الجاذبية فتحت السبيل لاحتمالات جديدة لفهم جوانب من الطبيعة نظر إليها سابقًا على أنها تتجاوز الفهم البشري. فالمؤكد أنه استشعر أن بيديه سلاحاً جديداً قوياً يستطيع أن يواجه به الكون cosmos. ولقد ظل ما يفوق العقد من الزمان يسعى خلف فيزياء تبدو ذات بديهة معصومة من الخطأ. فكان دائما قاب قوسين أو أدنى من مرامه إلا أنه عندما تحول إلى علم الكون فإن الأمور سارت على عكس نهجها وابتعد عنه التوفيق.

عندما أدرس علم الكون الحديث للطلبة في مرحلة ما قبل التخرج فإنني عادة ما أسير بين مقاعد الفصل في أول يوم من الفصل الدراسي ثم أمضي، دون كلمة واحدة، إلى السبورة فأخط عليها معادلة واحدة. وبعد قدر من التأمل الصامت للمعادلة، قدر يكفي ليبدأ الطلاب في التساؤل عما إذا كانوا قد أخطئوا عندما التحقوا بهذا المقرر،

فإننى أبادرهم بالقول: "أحسب أنكم على دراية وألفة بمعادلات المجال فى نظرية النسبية العامة لآينشتاين. ثم أمضى لأوضح فى دقائق معدودة أن نظرية أينشتاين حول النسبية لا تصف كوناً غير متغير فى الزمن بل بالأحرى كوناً يتمدد أو ينكمش. وأختم فى النهاية أننا سوف نهتم بجزئية التمدد، ذلك أن هذا الحل فيما يبدو يصف كوننا الذى نعيشه. فلما كان مساء، أعقبه صباح، كان هذا اليوم الأول.

تعلونى علامات الدهشة و"يتمدد" التعجب على وجهى عندما أنظر إلى معادلات آينشتاين. على أنه بينما أكثر الطلاب تشككاً يقبلون بعالم متمدد - أو منكمش - بوصفه معنى ضمنى لنظرية النسبية إلا أن آينشتاين أخفق، ولمدة جاوزت العقد من الزمان، فى الاستماع إلى معادلاته وإدراك ما إليه. ودائماً ما تملكنى العجب والدهشة أن كيف لم يلحظ آينشتاين ذلك. كيف فات على الرجل فرصة التنبؤ بتمدد الكون؟

ربما عندما أصف كيف تأتى فكرة الكون المتمدد بشكل طبيعى من نظرية آينشتاين فإننى ألعب بذلك دور عالم الكون الذى بمقدوره الإحاطة بجزئيات المشكلة بإحكام وصياغاتها بوضح على السبورة. فالواقع أن الأمور لا تكون واضحة فى بدايات كل عام. فمن الواضح اليوم أنه كان على آينشتاين ألا يدخل التعديل البسيط على معادلاته بغرض الحيلولة دون تمدد الكون. بل كان ينبغى عليه التنبؤ بتمدد الكون. والمفارقة الساخرة تجعلنا نعتقد اليوم أن هذا التعديل هو أمر صائب لكن السبب وراء وضعه لم يكن صائباً ذلك أن هذا التعديل لا يحول دون تمدد الكون بل يجعل تمدد الكون يمضى بسرعة مطردة الزيادة.

الزمان هو عام ١٩٠٥ والمكان مكتب التسجيل ببيرن، حيث جلس آينشتاين إلى مكتبه واضعا أمامه كم هائل من المعادلات على الأوراق التى افترشت سطح المكتب. عندها أدرك آينشتاين أن المعادلات لتخبره أن الزمان والمكان ليسا منفصلين، بل إنهما مترابطان معاً بشكل وثيق. بشكل ما، واتته القدرة لرفض الاستقلال المفترض بين الزمان والمكان الذى كان جزءاً من وجهة نظر أو موقف عالمى ترجع جذوره لما يفوق قدرتنا على التأريخ ورسم عوضاً عنها زمكان موحد. ثم بعد عشر سنوات من دفقة

الخيال هذه، وبعد صراع عظيم، أدرك آينشتاين أن المعادلات تبوح إليه أن المكان لا يتعين أن يكون مسطحاً بل من شأنه أن يتحدب فى وجود المادة. وبهذا كان قادراً على الإطاحة بهندسة المكان المسطح لإقليدس التى تسيدت الرياضيات والفيزياء وعلم الكون لألفى عام ثم ينطلق إلى تحدب المكان.

لكنه لم يمض عامان على إنجاز ١٩١٥م حتى رأى آينشتاين أن نظريته - التى أمضى السنوات فيها وبذل مجهوداً يعجز المرء عن تصوره فى سبيل تطويرها - لم تأت بحلول تصف الكون بالشكل الذى انتظره منها. على أنه فى عام ١٩١٧ نجد أن الرجل الذى غير استيعاب وتلقى معنى كلمتى الزمان والمكان لأن معادلاته حدثته بذلك، ذلك الرجل الذى غير صورة التكوين الهندسى للمكان إذ أشارت معادلاته بذلك، لم يستطع أن يسمع ما تقوله معادلاته حول تمدد الكون. بل إنه بدلاً من أن يرى هذا التمدد ويتنبأ به فإنه خرج باستنتاج أن معادلات النسبية العامة الجميلة تحتاج إلى إدخال تعديل بسيط عليها.

لكن السؤال يظل كيف فاتت آينشتاين هذه الملاحظة؟ فالرجل كان يبحث فى ورقة ١٩١٧ عن نموذج كونى ذى خاصيتين:

١ - الكون غير متغير مع الوقت - أى ساكن.

٢ - لا يوجد الفضاء بدون مادة.

ولما كانت نظرية نيوتن للجاذبية لا تحقق أياً من هذين الشرطين، فإن آينشتاين اعتقد أن إنجازه الأكبر قد يحققها.

يعكس أول هذين الشرطين مسبقاً وجهة نظر آينشتاين فى الكون. فهو يوضح رأيه إذا ما كان الكون قد وجد منذ الأزل (بلا بداية) أم أنه خلق فى حادث بعينه "وليكن يتطلب ذلك ستة أيام من الجهد ثم يوم للراحة"، حيث افترض آينشتاين أن الكون دائماً ما كان على هذه الصورة تقريباً. صحيح أن آينشتاين كان يدرك أن الأشياء تتحرك بشكل دائرى حيث الكواكب تدور فى مداراتها حول الشمس والنجوم فى حركة صغيرة

داخل مجرتنا، لكنه مع ذلك رأى أن كل هذه الحركات غير ذات أهمية وأن الكون اليوم يبدو قريبا جداً مما كان عليه. كان هذا هو الرأى العلمى القائم والمعتمد سنة ١٩١٧م؛ لذا لم يكن آينشتاين ينتظر تمدد الكون عندما بدأ بحوثه. (بالطبع لم يكن ينتظر عند بداية بحثه فى النسبية أن يتوحد الزمان والمكان وأن يتحدب المكان)!

الحق أن قلة من علماء الفلك أدركوا آنذاك الطبيعة الحقة للكون. فالنموذج الكونى المتعارف عليه عام ١٩١٧م قام على أنه ليس هناك سوى مجرة درب اللبانة خاصتنا. وبقى الأمر على حاله حتى جاء الفلكى الأمريكى إدوين هابل، فأثبت عام ١٩٢٤م وجود مجرات أخرى غير مجرتنا، ولم تمر سنوات خمس حتى أثبت هابل عام ١٩٢٩م تمدد الكون: أعظم الاكتشافات التى فاتت آينشتاين.

مع أن آينشتاين سبق أن لجأ إلى الفلكيين طلبا للمشورة حول إمكانية الوقوف على انحراف الضوء عندما يمر قرب الشمس لكن ليس هناك ما يشير إلى أنه عاود الكرة حول احتمالية تمدد الكون. وربما لو أنه فعل هذا لعلم الحقيقة المميزة أن السدم الحلزونية spiral nebulae (التى اتضح أنها مجرات أخرى) بدت وكأنها ذات سرعة ارتداد غريبة كبيرة.

أما الشرط الثانى فى النموذج الكونى، فكان رد فعله على مفاهيم المكان والزمان المطلقين التى جاءت موضع الأساس من ديناميكيات نيوتن. فنيوتن كتب فى المجلد الأول من مبادئ الرياضيات "أن الزمن الرياضى المطلق يمضى، فى ذاته، وبطبيعته، دونما أى علاقة بشيء خارجى.... والمكان المطلق، فى ذاته، دونما علاقة بأى شيء خارجى، يظل دائماً على حاله غير قابل للحركة".

إن النجوم والمجرات فى عالم نيوتن ليست سوى لاعبين على مجال ثابت من المكان والزمان تتحرك فى الكون وفقًا لقوانين الفيزياء النيوتونية. أما فى كون آينشتاين فإن الزمان والمكان يشاركان فى اللعبة ونجد أن الزمان والمكان ليسا مطلقين فى هذا التداخل بين الزمان والمكان والمادة بل نسبيين.

يبدو أن رفض آينشتاين للزمان والمكان المطلقين يأتى من مصدرين، أولهما بلا شك هو اكتشافه لنسبيتهما، وثانيهما هو الفيلسوف والفيزيائى إرنست ماتش ذلك أن ماتش اقترح أن قوى القصور المؤثرة على شيء تأتى من كافة النجوم والمجرات فى الكون. لذا فإن الحديث عن حركة أو دوران شيء منعزل فى كون خال هو بالنسبة له لغو لا معنى له. وقد أشار آينشتاين لهذه الفكرة بمبدأ ماتش. وعلى الرغم من أن آينشتاين تبرأ من مبدأ ماتش فى السنوات اللاحقة، فإن مبدأ ماتش أثر عام ١٩١٧م على عمله فى علم الكون وأسهم فى اعتقاده أن المكان لا يمكن أن يوجد بدون مادة.

حاول آينشتاين فى البداية التوصل إلى علم كونى يصف عالمًا لا نهائيًا فى المكان محقق فى ذلك أمنيته، لكنه سرعان ما أدرك أن مثل هذا الحل لن يوجد. ثم حاول بعد ذلك التوصل إلى حل فى كون ذى مدى فضائى محدد ذى شرطين - لكنه أخفق ثانية. ثم اكتشف ما نعرفه جميعًا اليوم: إن كونًا يحتوى مادة وإشعاعًا لن يبقى على حاله بل من الطبيعى أن يميل إلى التمدد أو الانكماش. وبدلاً من مقارنة ذلك بأهدافه الأصلية فإنه انطلق نحو إرساء نموذجه الكونى على ضوء ما توصل إليه، أى أنه اختار بتر النظرية النسبية العامة؛ هذه النظرية التى بذل فيها الكثير من الجهد وعظيم الوقت فى سبيل تطويرها والوصل بها أعلى درجات كمال النظرية. ولقد كتب آينشتاين فى ورقة ١٩١٧م:

"سوف أسير بالقارئ على الدرب الذى اتخذته أنا وإلا فإنه لن يهتم كثيرًا بنتائج الرحلة.

إن الاستنتاج الذى سأخلص إليه فى النهاية هو أن معادلات مجال الجاذبية التى توصلت إليها حتى الآن لا تزال تحتاج إلى تعديل بسيط....

تمثل هذا "التعديل البسيط" فى إضافة حد جديد قبيح إلى معادلاته الرائعة، والذى لم يرد منه سوى الإبقاء على الكون ساكنًا. ويعرف هذا بالحد الكونى أو الثابت الكونى والذى تتم مواءمته ليوازن تأثير انحناء المكان الذى يميل إلى التمدد.

نالت هذه الورقة مبلغها من الحيرة بين أوساط الفيزيائيين والمؤرخين. فلقد كان نادراً حتى ذلك الحين أن تضلله غريزتة كفيزيائى، فرؤيته الداخلية ومجهر تفكيره كانا خارقين للطبيعة. ولعله من المبالغ فيه أن ننتظر أن يخرج علينا أحد عام ١٩١٧ بنبأ تمدد الكون لكن آينشتاين لم يكن شخصاً عادياً. أو لعل إحساسه العميق لم يوفق فيما يتعلق بكيف يجب أن يكون الكون مثل إحساسه بالزمان والمكان والهندسة.

لقد مثلت أولى محاولات آينشتاين فى علم الكون مصدراً لعدد من الدروس والمثل بالنسبة لى كعالم كون:

ليس هناك من مشكلة أن تخطئ. حتى آينشتاين أخطأ فى عمله الكونى. لكن بالطبع يظل هناك فارقاً بين الوقوع فى الخطأ والغباء.

استمع إلى ما تخبرك المعادلات به. فأحيانا يكون الهمس دقيقاً رقيقاً وليس هناك من مايسترو أصم من آينشتاين فى هذه الحالة.

الأبسط الأفضل. فالكون المتمدد – فى رأيى، على الأقل – أبسط من البناء الكونى لآينشتاين عام ١٩١٧.

لا تخف وأت بتنبؤات عميقة جرئية. فلربما كان آينشتاين متحفظاً جداً عندما أخفق دون التنبؤ بتمدد الكون.

لا تغل نفسك بالمبادئ. فالمبادئ الجامدة خطيرة. فلقد ضل آينشتاين بمبدأ ماتش. ولقد كان زميلى وصديقى عالم الكون أندريه ليند دائماً ما يقول إنه حتى الناس عديمو الأفكار يمكن أن يكون لهم مبادئ.

أحيانا تكون على صواب مع أمور خاطئة (تأتى بالحق فى غير موضعه). فآينشتاين قدم الحد الكونى ليبقى على الكون ثابتاً، وهو ما ليس كذلك حيث أشارت الملاحظات العلمية الحديثة إلى أن الثابت الكونى موجود ويسبب تسارع التمدد.

اعترف بالخطأ. بعد أن توصل إدوين هابل إلى تمدد الكون ما كان من آينشتاين إلا أن وصف هذا الحد الكونى على أنه خطأ أو سقطة.

لا تعترف أبداً بالوقوع فى الخطأ. فالمزحة المعتادة بين أوساط علماء الكون هذه الآونة أنه لو أن أينشتاين لم يقر بأنه كان مخطئًا وتمسك بفكرة الثابت الكونى خاصته وتشبث بها لكان قد حقق شهرة طبقت الآفاق.

ولعل الدرس الأهم على الإطلاق هو أن تجرب. فأينشتاين الذى ملأ حياتى واتخذته نبراساً لم يجل أو يرهب حجم الكون وتعقيده بل جنّد الشجاعة واستحضر الخيال ليحاول فك طلاسمه حتى ولو كان تمدد هذا الكون هو أعظم اكتشاف فاته أن ينسبه إليه.

هبـــة الزمـــن

ريتشارد أ موللر

يعمل ريتشـارد موللر أستـاذًا فى قسم الفيزيـاء بجامعة كاليفورنيا ببركلى وهو كبير العلماء فى معمل لورانس بيركلى حيث يعمل أيضًا مع معهد علوم الفلك والفيزياء النووية للجسيمات. ومع أنه نال درجة الدكتوراه فى فيزياء الجسيمات الأولية فإنه تحول فيما بعد إلى الفيزياء الفلكية والجيوفيزيقيا. لذا فهو يمضى باهتماماته البحثية إلى تباين أوضاع الخلفية الموجية الميكروبية الكونية والمستعمرات العظمى ومصدر التقلقات المغناطيسية الأرضية وأثر الكوراث (كوارث الصدمات) ودوائر الثلاجات. وهو مؤلف كتاب "نمسيس: نجم الموت" وكذلك "عصور الثلج والأسباب الفلكية" (مع جوردان ماكدونالد).

إنه آينشتاين؟ هو من سرق أموالى ومن أخذ كل أوقاتى واستلب حياتى. وهو ذاته من ترك لى الكثير من الهبات وأغدق على المنح. فهو من وضع الأساس الذى نهض عليه اكتشافى – تنوع جيب تمام زاوية إشعاع الخلفية الموجية الميكروبية الكونية – الذى قاد بدوره إلى تعيينى بالجامعة ومواصلتى بها. فمعادلات الجاذبية خاصته قادت إلى نظام لفهم الكون ككل وهو ما ألهمنى البحث عن مستعمرات عظمى لقياس ما اعتقدت أنه تباطؤ كونى. ثم استكمل تلميذى السابق ساول بيرلموتر هذا المشروع واكتشف (فى وقت متزامن مع مجموعة أخرى) وجود تسارع كونى. ولقد قيل الكثير

والكثير حول ندم أينشتاين على وضع - أو عدم وضع - الثابت الكونى فى معادلاته لكن يبقى أنه كعالم فيزياء ورياضيات متميز لم يكن أمامه من اختيار وأن هذا الثابت يعدل ويوائم هذا التسارع الغريب (دونما شرح وتفسير). نعم هناك الكثير مما يستحق له آينشتاين الشكر. لكننى أشكره وأمتن له، وبدرجة تفوق ما عداها من الأمور، على هبة الزمن.

إن الزمن لمفهوم محير مراوغ بدرجة واضحة. فالبعض يعامله على أنه محض إحداثيات، أى طريق لتحديد الحدث. فإذا قمت بذلك خلال إحداثيات ثلاثية الأبعاد x، y، z فإن الزمن يكون البعد الرابع - لكن على مستوى متواضع الأهمية. وهذه هى الطريقة التى يظهر بها الزمن فى أغلب معادلات الفيزياء. فعلى الرغم أن الفيزياء تستخدم الزمن فإن السر الصغير الخطر أننا لا نفهم الزمن حقا. فالمنتظر أن يخبرك الفيزيائيون أن الزمن الآن "متحد مع المكان" (وهو ما يعزى فى المقام الأول إلى آينشتاين) وأنه من المفترض أن نكون سعداء بذلك. لكن يبقى أن الزمن يسلك منحى مختلفًا جذريا عن المكان وهو أمر لا تقره الفيزياء نهائيًا. فالزمن أكثر غموضاً من المكان بشكل مميز له دلالته ومعناه.

لننظر مثلاً إلى "تدفق" الزمن. فنحن جميعاً نعى حقيقة أن الزمن يبدو وكأنه يتحرك - لكن إذا ما حاولنا تعريف ماذا نعنى بذلك لوجدنا أنفسنا ضائعين بلا أمل فى متاهة من الدورات. فالحقيقة أن الزمن لا ينتقل قيد أنملة فى أى اتجاه لكن يبدو فعلاً وكأنه يتقدم.

ويعتمد إحساسنا بهذا التقدم على بيولوجيتنا فالذبابة بمقدورها الاستجابة واتخاذ رد فعل بشكل أسرع من الإنسان، ذلك أن إحساسنا بالزمن محدد بشكل جزئى خلال قدرتنا على الإحساس والتفكير والحركة والتذكر. لذا فإن مجمل الحديث أن بمقدورنا القول إن إحساسنا بالزمن يحدده ضربات القلب وإن كانت طول زمن الرحلة بين طرف عصبى والمخ قد يكون مقدارًا كميًا أفضل.

لكن السؤال هل نجنى أى تقدم فى فهم طبيعة الزمن بوضع مقاييس له؟ والإجابة هى لا أظن ذلك. فدائماً ما نقع فى سقطة تسمية الأشياء التى لا نفهمها وبهذا نخلق وهما من تقدم المعرفة وتطورها. فمعدل الزمن، مقاسا خلال وظيفة جسدية، لا يبدو أمرًا ثابتًا. فالزمن قد يبدو ثقيل الظل بطىء المرور والحركة كما هى الحال فى محاضرة مملة أو فترة الاستشفاء، بينما تبدو لحظات السعادة والمتعة وكأنها تمضى على عجل وتمر مرور البرق الخاطف لا يكاد المرء يتلمسها. ولكى نتغلب على تزامنية الإحساس البشرى بالوقت تجدنا نبنى ساعات قائمة على الفيزياء حيث هى أجهزة لا تتأثر عاطفياً بما يدور حولها. لذا نستخدم الساعات لتقيس إيقاعات الأحداث. فعندما كان آينشتاين موظفًا بمكتب التسجيل ببيرن، كانت كيفية تزامن الساعات فى محطات القطار المختلفة واحدة من المشكلات المزعجة له. وهنا ثمة مفارقة ساخرة فى هذا الأمر، حيث إنه عندما توصل فى النهاية إلى تطوير نظرياته الخاصة بالنسبية فإنه أوضح أن مثل هذا التزامن مستحيل من حيث المبدأ (على الرغم أنه يتم فعلاً مع حركة القطارات).

لكن لماذا يوجد "إيقاع للأحداث"؟ فالمكان لا يتحرك أو يمضى قدمًا، فلماذا يحدث ذلك مع الزمن؟ بل إنه بإمكانك التحرك للأمام والخلف فى المكان، لكن هذا لا يحدث مع الزمن. إذن يبدو الزمن مختلفًا بحق: فما هى حقيقة الأمر؟

ربما تكون قد طرحت هذه الأسئلة على ذاتك. ولعلك افترضت - إذا لم تكن من أهل الفيزياء - أن إجابتها تكمن فى معادلات الفيزياء لكن دعنى أؤكد لك أن الأمر ليس كما تصورته.

هناك ثمة طريقة جيدة لتجنب السؤال وهو أن نضع سؤال آخر بدلاً منه يمكننا التعامل معه على الأقل. فعوضًا عن تفسير حركة الزمن، فإننا نرى إذا ما كان بمقدورنا تفسير اتجاهه. وليس عليك سوى الولوج إلى الإنترنت أو موقع أمازون لترى "سهم الزمن". فهناك عدد لا نهائى من المقالات وحشد هائل من الكتب التى كرست لهذا الموضوع وجميعها يغص بفيزياء هامة ممتعة ورؤى عميقة.

إن "سهم الزمن" يشير إلى حقيقة أن الزمن يبدو وكأنه يتقدم فى اتجاه محدد، وهو أمر ذو أهمية كبرى. ويعد السؤال: لماذا نتذكر الماضى دون المستقبل؟ طريقة رائعة لتناول هذه الجزئية. فهذا يبدو سؤالاً سمجًا حتى ندرك أنه فى كون حتمى ميكانيكى بالكامل فإن مستقبل الذرات هو ببساطة مسألة مهمة تخص ماضيها. فالمعلومات لا تتغير مع مرور الزمن بل إن ما يتغير هو طريقة الوقوف عليها.

لكننا لا نعيش فى كون ميكانيكى. إن ميكانيكا الكم، بما لها من طرق احتمالية، تحتاج بوضوح إلى التمييز بين الماضى والمستقبل. فالاحتمالية تربط المستقبل بالماضى. فالنظريات الذائعة اليوم (واسمحوا لى بهذا التوصيف) تفترض أن الماضى يحدد المستقبل. ونظرًا لأنه ليس بمقدورنا أن نقدم سببا لذلك فإننا نطلق على هذه الحتمية اسمًا وهو السببية. لكن السببية ليست بمبدأ فيزيائى بل هى افتراض قد لا يكون صحيحاً، مسمى أطلقناه على شىء لا نفهمه. وسر السببية مرتبط بسر سهم الزمن. ويتظاهر معظم الفيزيائيين بفهم الزمن حيث يخبرونك أن اتجاه الزمن ناجم عن زيادة الأنتروبية وهو ما سيقرن بحقيقة أخرى غير مفسرة وهى أن الكون فى الماضى كان أكثر ترتيبًا بكثير مما هو الحال الآن. لقد كان من غير المنتظر أن يبقى على هذه الحال؛ ولهذا فإننا نستشعر بالزمن بينما ننتقل إلى حالة أكثر احتمالية.

أما الأنتروبية فهى مصطلح فيزيائى يشير إلى العدد الذى يمثل الاحتمالات فى موقف بعينه. (وفنيًا هو لوغاريتم لهذه الاحتمالية لكن هذه نقطة لاتهمنا كثيرًا هاهنا). ومع تطور الكون نحو حالات أكثر احتمالية فإن هذا العدد يزداد. وهذا ما يحدد سهم الزمن. فإذا ما نظرت إلى صورتين للكون ثم حددت أيهما أكثر ارتباكًا وتشوشًا من حيث ترتيب الذرات والفوتونات فإنك لتجد أنها الصورة الأحدث.

إن القضية ككل أكثر دقة قليلاً. فإذا كنا لنتذكر الماضى دون المستقبل فإن أنتروبية عقولنا لابد وأن يقل حقيقة حيث تصبح ارتباطات خلايانا العصبية أكثر تنظيمًا. وبمقدورنا القيام بذلك – حيث لا يتعين على الأنتروبية المحلية أن تزداد بل

الأنتروبية العالمية فقط. لذا فإننا نشع حرارة خلال عملية التعلم، يخرج بعض منها على شكل أشعة تحت حمراء ويتحول أغلبها إلى هذا الإشعاع فى نهاية الأمر والذى بدوره يلقى إلى المكان. فإذا أدرجنا هذا الإشعاع، فإن رقم الاحتمالات يزداد - كما لابد وأن يحدث - لكن فى خلال هذه الأثناء فإن رقم احتمالات عقولنا يقل. فالذاكرة تمثل الأنتروبية المتناقصة وهذه الذاكرة هى ما يحدد سهم الزمن.

ليس أنتروبية العقل فقط هو ما يتناقص. فأنتروبية الشمس تتناقص هى الأخرى. وكذلك أنتروبية الأرض. بل إن الحقيقة أن أنتروبية ذرات الكون تتناقص. فأنتروبية الكون لا تتزايد إلا عندما نشمل أنتروبية إشعاعها المنبعث.

إن أنتروبية الكون بأسره ينحصر تقريبًا فى الفوتونات (والتى فى الغالب إشعاع موجات ميكروبية) وربما نيوترينوات. فأكثر من ٩٩٩,٩٩٩٩٪ من رقم الاحتمالات الكون قائم بالفعل فى الإشعاع وهذا الرقم لا يتغير بتمدد الكون. وبهذا فإنه يمكننا القول بأن سهم الزمن محدد بنذر صغير جداً من الأنتروبية - يمثل ما نسبته ٠,٠٠٠٠١٪ - هو ما يتناقص. فهل يمكنك التصديق أن هذا النذر هو ما يأتينا بالذاكرة ويحدد سهم الزمن.

إنه لأمر مربك محير يشوش الفكر ويخلق الالتباس، أليس كذلك؟

لقد كان هدفى أن أحيرك وأشتت انتباهك. وربما قد غاب عنك الآن الوقوف على حقيقة أننى لم أتوجه حتى الآن نحو سؤال لماذا يتحرك/ يمضى الزمن أصلاً. فلقد لجأت إلى حيلة السياسيين الذين يستعينون بالارتداد. فعلماء الفيزياء، والفضل فى ذلك يرجع إلى آينشتاين إلى حد كبير، يقولون بوحدة الزمان والمكان. فالزمن لم يعد البعد الرابع على معنى ثانوى ضعيف بل جزء من نظام مكانى رباعى الأبعاد يمكن دورانه أو مده أو لفه حول محوره أو حتى ليه. ومع ذلك يظل الزمن يمضى متحركًا بينما المكان لا. لماذا؟

دعنى أحاول أن أزيد من ارتباكك والتباس الأمر عليك. فالفيزيائيون يميلون إلى عدم النظر إلى النظام ثلاثى الأبعاد المكانية على أنه أمر ذى أهمية كبرى. فبعض منظرى الجسيمات الأولية المعاصرين يرون أن هناك عشرة أبعاد مكانية وأن سبعة منها يدور فى مجالات صغيرة، مثل أسطح الأوتار، ولهذا فإننا لا نعى وجودها فى عالمنا الكبير. وبهذا لا يبقى سوى ثلاثة أبعاد مكانية. وعلى الرغم أن هذا أمر مجرد بدرجة ما فإننى أفترض أنه ما من صعوبة فى استيعابه. لكن لتتخيل لبرهة نظرية ذات بعدين للزمن. ومع أن هذا أمر يسير على المستوى الرياضى - بل إن بمقدورنا الخروج ببعض الحسابات والأرقام - لكن ماذا يعنى ذلك بالنسبة لاستيعابنا؟ فإذا كان هناك بعدين للزمن، فهل سيتحرك كلاهما نحو الأمام؟ هل سيتدفق كلاهما معًا؟

إن الفيزياء لا تعانى مشكلة فى ذلك لأنها لا تتعرض لمسألة حركة الزمن. ولهذا فإن الفيزياء تتجنب وتتفادى المشكلة بكل السبل. فإذا كنت تعتقد ككثير من الزملاء الذين يشتغلون بالفيزياء أن شيئًا لا يمكن وصفه خلال الفيزياء هو شىء غير ذى معنى، فإننا نكون قد انتهينا من المناقشة.

ويا للروعة لقد نحينا السؤال جانبًا وتخلصنا منه!

لكننى لا أرضى بذلك ولا أقبله. فبفضل آينشتاين والتطور والتقدم الذى أدخله على فهمنا للزمن، فإننى أعتقد أن هنــاك أملاً للإجابة على هذا السؤال. ففيزياء اليوم لا تستوعب الزمن ولا تفهمه لكن آينشتاين أوضح لنا أنه ينبغى ألا نفقد الأمل.

وها هو مبدأ آخر واضح ينبغى أن يدمج فى الفيزياء ألا وهو الفكرة البسيطة المخادعة المعروفة "بالآن". اقرأ هذه الكلمة الآن. لقد فعلت ذلك توًا. لكن لتتأمل الكلمة التى قرأتها. فأنت قرأتها منذ ثانية أو اثنتين مضت. إذن ماذا تعنى الكلمة؟ هل تعنى الكلمة المعنى نفسه عندما قرأتها؟

إن مفهوم "الآن" غير موجود فى الفيزياء. ومع ذلك فإنه بمقدور الفيزيائيين التعتيم على هذه السقطة وجعلها تبدو كإنجاز إيجابى. "فقوانين الفيزياء غير متغيرة

مع انتقال الزمن". وذلك أمر صائب - على الأقل بالنسبة لقوانين الفيزياء التى تشملها كتب الفيزياء الدراسية. ويعنى هذا أن "الآن" غير ذى أهمية وبدون معنى. لكن هل تعرف ما أرمى إليه من وراء هذه الكلمة؟ إننى أتساءل: هل هناك شىء سقط من الفيزياء؟

هل "الآن" خاصتى غير "آن خاصتك"؟ إن آينشتاين قدم لنا رؤية عميقة حول هذا الموضوع. فلقد استطاع أن يوضح أن مفهوم التزامن لا يمكن أن يصاغ على أسس عالمية. ويعنى هذا أنه ليس هناك من آن عالمى يصلح بشكل جيد لكل أطر المراجع. فحدثان يحدثان معا الآن وفقا لساعة فى إطار المرجع ١ لن يكونا بالضرورة متزامنين فى إطار المرجع ٢. ومع أنه بمقدور الفلاسفة الانطلاق فى الجدل والمناقشة حول معنى الآن فى مقالات طويلة لكن كل ما يطرحونه سيكون غير ذى معنى إذا لم يأخذ فى الاعتبار النتائج التى توصل إليها آينشتاين.

لكن هذا لا يعنى أن الآن غير ذى معنى. فأنت تعرف ما يعنيه لك حتى ولو كان مختلفا عما يعنيه لى. ومع ذلك يبقى هناك أمر لم تتعرض له الفيزياء بل إن البعض ليظنون أنها لن تفعل ذلك أبداً. لكن معادلات آينشتاين توضح لنا أن مفهوم الزمن هو مسألة تخضع للوصف غير الذاتى.

ثم تأتى النتيجة التى خلص إليها آينشتاين فيما يتعلق بفترات الزمن (وحدات الزمن الفاصلة) على القدر نفسه من الإثارة والأهمية والجاذبية لفقدان التزامن. ولتأخذ مثلا التوأم جون ومارى اللذين ذهبا للاحتفال بعيد ميلادهما الحادى والعشرين. ثم ينطلقان ويسافران. فالوقت يمر ويكبران فى السن. ثم يجتمعان مرة أخرى معا ليحتفلا بعيد ميلاد جون الثانى والعشرين. لكن مالم تتطابق وتتماثل رحلتهما بدقة فإنهما لن يمرا بالقدر نفسه من الوقت. ومثال ذلك أن قبع جون بالمنزل بينما أمضت مارى العام فى مسار دائرى تتحرك بسرعة تصل إلى ٨٠٪ من سرعة الضوء فإنها لن تكون أكبر بعام عند عودتها بل بما يزيد عن السبعة أشهر قليلاً.

إن هذا قانون فيزيائى صعب ثابت الأركان. فبالنسبة لجسم متحرك، فإن الزمن يتباطأ بمعامل الجذر التربيعى لـ $1-b^2$ حيث b هى السرعة المعبر عنها كجزء من سرعة الضوء. ولقد كنت أرى هذا أعظم إنجازات آينشتاين. وفى حين أن المعامل سبق وظهر فى تحولات وضعها هنريك لورنتز فإن الكثيرين ردوا إلى آينشتاين أسبقية وألمعية التوصل أنها لم تكن دودية/مثقابية الحركة، وهى الخاصية المضحكة فى معادلات ماكسويل، لكنها تظل توصيفاً سليماً لسلوك الزمن. فالفترات الزمنية مرنة. لذا فإن الزمن بين حدثين (عيدى ميلاد جون كما فى المثال) يعتمد على الطريق الذى تسلكه بينهما. وهذه نتيجة رائعة.

ثم طبق آينشتاين، فى خلال دراسة السلوك الغريب للزمن، هذا السلوك على الميكانيكا فكانت النتيجة هى معادلته الشهيرة $E=mc^2$.

حتى إذا لم يتطلب الأمر سلسلة من الجداول الزمنية للقطارات، فإن الخاصية المطاطية للزمن، التى عرفتها معادلات آينشتاين بدقة بالغة، هى نتيجة يسهل التأكد منها – ليس عندما طرح آينشتاين معادلاته لأول مرة بل بين جدران المختبر الحديث. فأنا قد تأكدت منها بشكل شبه يومى خلال فترة عملى على أطروحة الدكتوراه خاصتى. فلقد رأيت العمر الزمنى للجسيمات الأولية يطول متى كانت تسافر بسرعات عالية لتتبع بذلك معادلات آينشتاين/لورنتز. ولدينا فى بركلى معمل للطلاب يدرسون فيه سلوك الأشعة الكونية للميونات[(١)] حيث بمقدورهم الوقوف على التغير فى العمر الزمنى بأنفسهم. فالميونات السريعة تمر بتجربة ذات زمن أقل ولهذا تعيش وقتاً أطول.

إن سلوك الزمن رائع بشكل لا مثيل له. ومع أنه يراوغ الفهم فإنك إذا أمضيت الوقت فى تدريس الزمن (أى إذا كنت محظوظاً مثلى)، فإن الأمور ستبدو طبيعية فى عينيك. إن المفارقة المزدوجة التى وصفت تواً ليست بمفارقة بل هى نتاج.

---

(١) الميون muon هو جسيم أولى ذى شحنة سالبة وعمر نصف زمنى يصل إلى ٢٠ ميكروثانية يتحلل بعدها إلى إلكترون ونيترينو ونيترينو مضاد.

إن الأسئلة الحقيقة فى هذا الصدد مرتبطة بالزمن وطبيعة الآن. فالفيزياء لم تحقق تقدمًا حقيقيًا فى هذه الأحاجى والمشاكل العميقة. بل إن معظم المنظرين لا يقدمون على مجرد المحاولة. بل إنهم عوضًا عن ذلك يتحدثون عن مواضيع أكثر مباشرة مثل البعدية dimensionality. لكن ما أتى به أينشتاين يوضح لنا أن ثمة أملاً. فأضعف الإيمان أن الزمن خاضع للتحليل الفيزيائى. فلعل "الآن" وتدفق الزمن سيظلان إلى الأبد على حالتهما الراهنة خارج متناول أيدينا، فقد تظل غير قابلة للشرح والتفسير فى ضوء معادلات الفيزياء - أو لعلهما حتى سيظلان خارج مملكة الفيزياء، لتظل فى عالم الروح. لكنه مازال من المبكر جدًا أن نتخلى عن محاولاتنا. ولعل هناك مجموعة جديدة من المعادلات فى موضع ما من عالم الفيزياء والرياضيات ستفتح آفاقًا جديدة أمام عقولنا وتفسر هذه الألغاز.

إن المحاسبين يحبون المسائل حيث تتضح الأمور وتتسق مع بعضها بحسب قواعد معينة لا خروج عليها. أما الفيزيائيون فيحبون الارتباك والغموض وأن تحاصرهم أمور لا يفهمونها. وقبل النظرية النسبية كان الزمن مجرد إحداثى - شىء ما تعرف الأشياء خلاله. أما بعد النسبية فلقد أصبح شيئا له سلوكه الخاص ولم نحرز سوى تقدم طفيف فى فهمه. وفى هذا أوضح أينشتاين أن بعض جوانب الزمن خاضعة للتحليل. لقد منحنى، ومنحنا جميعًا، هبة الزمن.

المضى بعيدًا

بول س. دافيز

بول س دافيز هو أستاذ الفلسفة الطبيعية فى المركز الأسترالى لعلم البيولوجيا الفلكية فى جامعة ماكوير بسيدنى. ولقد سبق له أن شغل عدداً من المناصب الأكاديمية فى علم الفلك والفيزياء والرياضيات بجامعات كامبريدج ولندن ونيوكاسيل وفى تاينى وأديلايدى. ولقد امتدت أبحاثه لتغطى مجالات علم الكون والجاذبية ونظرية مجال الكم مع تأكيد وتركيز خاص على الثقوب السوداء وأصل الكون. وله العديد من الأعمال منها "عقل الرب" و"عوالم أخرى" و"الرب والفيزياء الجديدة" و"حد اللانهاية" و"المخطط التفصيلى للكون" و "هل نحن بمفردنا" و"المعجزة الخامسة" و "الدقائق الثلاث الأخيرة" وحول الزمن" و"كيف تبنى آلة زمن". ولقد حصد العديد من الجوائز منها جائزة فارادى من الجمعية الملكية عام ٢٠٠٢ وجائزة تمبلتون عام ١٩٩٥ إسهاماته العميقة للعلم.

ربما كان آينشتاين عبقريًا ألمعيًا لكنه مع ذلك لم يكن معصومًا دون الوقوع فى الأخطاء - أو على الأقل سقطات من سوء التقدير. فلقد رفض الرجل ميكانيكا الكم، ذلك الموضوع الذى أسهم فيه هو نفسه بقوة فى عام الروائع. رفضها ساخراً بمقولته الشهيرة "الرب لا يلعب النرد". لكن مجريات الأمور أثبتت أنه كان على خطأ؛ ذلك أن التجارب التى أجريت على الذرات والفوتونات بما لا يدع مجالاً لأدنى بادرة شك أن عدم تيقن الكم هو ملمح أصيل جوهرى للعالم الفيزيائى لا يمكن إسقاطه أو إغفاله.

ومثار السخرية والمفارقة المثيرة أن هذا الاقتراح الذى نظر إليه آينشتاين بوصفه "زلته الكبرى" ربما كان صحيحًا تمامًا. والحديث هنا حول تعديل أُدخل لاحقًا على درة ثمار حياته العملية ألا وهى النظرية النسبية - الذى يطلق عليه أحيانًا بدرجة من الفظاظة والقسوة معامل المراوغة fudge factor. هذا المعامل الذى فُتنت به منذ كنت طالبًا فى ستينيات القرن الماضى. وعلى خلاف التيار السائد آنذاك رأيت هذا المعامل ليس ببغيض أو كريه بل هو مُعذب يقربنا من الأمر ثم لا يلبث أن يبعده عنا، فصرت على امتداد السنوات مدافعًا عنه متحدثًا بلسان مناصرته فى وجه هذا الازدراء العام الذى يلاقيه. الآن تغيرت الأمور والعلماء يقرون اليوم على مضض أن آينشتاين ربما كان مخطئًا إذ ظن نفسه مخطئًا.

يتعلق الأمر بطبيعة الجاذبية وتمدد الكون ويلخص ويجسد أسلوب آينشتاين المميز فى التفكير. فآينشتاين الشاب لم يعرف أن الكون يتمدد بل لم يعرف أحد بذلك حتى جاءت ملاحظات فستو سليفر وأدوين هابل الرائعة فى عشرينيات القرن الماضى لتوضح أن المجرات تتباعد.

إن نظرية النسبية الخاصة المنشورة عام ١٩١٥م هى نظرية عن المكان والزمان والحركة. والنظرية لم تشر فى موضع محدد إلى الجاذبية، بل إنها بشرت بنهاية نظرية إسحاق نيوتن للجذب وذلك لسبب بسيط. فوفقًا لنيوتن فإن الجاذبية تؤثر آنيًا على مستوى المسافة - أى أنه إذا اهتزت الشمس فإن الأرض تهتز فى مدارها فى ذات اللحظة. لكن نظرية آينشتاين النسبية تشترط ألا يوجد مؤثر فيزيائى أسرع من الضوء فى حين أن الضوء يستغرق ثماني دقائق ليقطع ٩٣ مليون ميل بين كوكبنا والشمس.

كلف استبدال نظرية نيوتن للجذب آينشتاين عشر سنوات من العمل المتواصل. وجاءت ثمرة هذا النظرية النسبية العامة سنة ١٩١٥م والتى أحيانًا ما ينظر إليها على أنها أعظم إنجاز فكرى فى التاريخ. لا شك أنها بدت نظرية رائعة قوية وهى كذلك بالفعل. إنها تصف الجاذبية لا كقوة على الإطلاق بل كغلاف أو انحراف من الزمان والمكان (زمكان موحد بمعنى الكلمة) على الرغم من أنه يمكن إعادة صياغة النظرية بلغة القوى متى كان ذلك ضروريًا.

كانت المشكلة الرئيسية التي واجهت آينشتاين هى كتابة مجموعة من المعادلات تصف مجال الجاذبية الناتج عن توزيع معين للمادة. كان يمضى باعتقاد فلسفى عميق أن النظرية ينبغى أن تكون نظرية هندسية - لكن دونما أن تعتمد بأى طريقة على وجهة نظر الملاحظ أو الإحداثيات التى يستخدمها الملاحظ لاتخاذ القياسات. وعلى سبيل التشبيه فإنه يمكن القول أن انحناء الأرض فى جوار نقطة ما p يجب ألا يعتمد على ما إذا كان خط طول P يقاس من خط طول جرينتش أو من خط طول يمر بمكة مثلاً.

لقد تجمعت كل هذه القيود فى البنى الرياضية الممكنة التى يمكن لآينشتاين استخدامها فى وصف مجال الجاذبية. وعلى الرغم من ذلك، فإن هناك عدداً لا نهائياً من الاحتمالات. وهنا قام آينشتاين بما يفعله كافة الفيزيائيون عندما يواجهون اختياراً مربكاً أو محيراً، فماذا فعل؟ لقد أبقى على بساطة الأمر. لقد اتضح أن أبسط الكلمات تصف قوة غير قوة الجاذبية المعروفة. ومثال ذلك أن جاذبية آينشتاين تزداد مع المسافة بينما الجاذبية العادية تتضاءل مع المسافة لذا استبعد آينشتاين الأمر ونظر إلى الأمر الأبسط التالى. وهنا تماثل قريب مع الجاذبية العادية. والحق أنه كان قادراً على إظهار أن البديل الثانى يحاكى وصف نيوتن للجاذبية - ويقصد بذلك قانون التربيع العكسى - سواء كان مجال الجاذبية ضعيفًا وكانت الأجسام تتحرك ببطء مقارنة بسرعة الضوء.

كان هذا انتصاراً ساحقاً واعتبرت النظرية نجاحًا منقطع النظير. لكن هناك جانباً منها حير آينشتاين. فالجاذبية دائماً ما كانت موضوعاً ذا أهمية فى الفلك وعلم الكون. فإذا ما نظرنا للأمور على مقياس بلايين من السنين الضوئية سنجد أن الجاذبية لها موضع الصدارة بين كافة القوى. لذا فإن نظرية راقية للجاذبية تحتاج أن تقدم وصفًا مقنعًا للكون ككل لذا شرع آينشتاين فى تصميم نموذج للكون، طارحًا افتراض مُبسط مفاده أن المادة موزعة بشكل منتظم فى أرجاء الكون وهو صحيح على المقياس الكبير.

يسهل وصف اللغز الذى واجه آينشتاين. فالأمر على النحو التالى إذا كانت الجاذبية دائمًا جاذبة، فلماذا إذن لا تسقط كل هذه النجوم ببساطة فى انسحاق كبير؟

ولقد تساءل نيوتن بشكل مماثل حول لماذا لا ينهار الكون تحت الجاذبية الجاذبة عالميًا لكنه تمكن من إزاحة هذا الموضوع جانبًا. أما آينشتاين فواجه الأمر مباشرة وخرج بحل جاهز. إن أول مصطلح استخدمه فى مجال معادلاته - أبسط هذه المصطلحات، الذى نبذه فى البداية - يصف قوة يمكن أن تكون إما جاذبة أو متنافرة. وشدة هذه القوة غير محددة : فهى متغير تحكمي فى النظرية. فبالتفكير فى الأمر رأى آينشتاين أنه بالوقوف على القوة المناسبة وجعلها متنافرة، فإن هذه القوة يمكن ضبطها بحيث تدحض بالضبط قوى الجذب بين كافة النجوم. والحق أن التنافر سوف يمسك أركان الكون معًا فى مقابل وزنه الهائل.

يمكن النظر إلى قوة التنافر هذه على أنها نوع من الجاذبية المضادة. فنظرًا لأن قوتها تزداد مع المسافة، فإنه يمكن إهمال تأثيراتها على مستوى النظام الشمسى مثلاً. لكن بالنظر للأمر على مستوى كونى، فإن كونًا استاتيكيًا منتظمًا سيكون ممكنًا، وهى الكيفية التى افترض معظم رواد الفضاء أن الأمور تسير بها. فنشر آينشتاين نموذجه الكونى الساكن عام ١٩١٧م. وتعرف الإضافة إلى مجال المعادلات بالمصطلح الكونى والمتغير العددى الذى يحتويه - هذا العامل الذى يحدد شدة قوى التنافر- بالثابت الكونى.

لم تكن هذه أفضل حالات آينشتاين أو ذروة قدراته. فى البداية، كان هناك جو من الغموض حول المصطلح الكونى. لم يكن هناك من سبب لتغيير النظرية الأصلية والعلماء لم يحبوا هذه الحلول الآتية خصيصًا لحل المشاكل. ثانيًا، إنه لمن الواضح أن الاتزان الكونى بين الجذب والتنافر غير مستقر. فإذا كان الكون ينكمش قليلاً فإن الجاذبية العادية (الجاذبة) سوف تكون أقوى قليلاً لكن سيصبح التنافر الكونى أضعف. وهذا من شأنه أن يفسد التوازن الرائع ويسبب انكماش الكون بشكل أسرع، مما يفضى إلى الانهيار/ الانسحاق نفسه الذى فكر آينشتاين فى تجنبه. وعلى الجانب الآخر فإنه إذا كان الكون ليتسع، فإن ذلك يعنى أن الجاذبية المضادة (قوى التنافر) سوف يكون لها اليد العليا وسوف يحدث تمدد سريع.

ومع ذلك، ماذا عنى اكتشاف هابل أن الكون ليس بساكن بل هو يتمدد بعد عقد من الزمن. وبالنسبة لآينشتاين، لو أنه تمسك بالصورة الأصلية للنظرية النسبية العامة لكان قد أجبر على استنتاج أن الكون الساكن أمر مستحيل، ولكان بلا شك قد تنبأ بنتائج هابل. بل دفعه ضياع هذه الفرصة الهائلة منه إلى التخلى عن الثابت الكونى بازدراء، واصفًا إياه على أنه العثرة الكبرى فى حياته. لذا فإنه ليس بمفاجأة أن الجاذبية المضادة الكونية أصبحت غير محببة بين أوساط الفيزيائيين منذ ذلك الحين فصاعدًا.

هكذا كانت الأمور إلى حد بعيد عندما كنت طالبا فى الستينيات لكننى كنت دائمًا مهووسًا بأشياء خارج المألوف والمتفق عليه. وليس الأمر أن التنافر الكونى كان مطلوبا ليبقى على الكون ساكنًا فلما انتفى سكونه صار هذا التنافر الكونى غير ذى وجود. وعلى كل حال فإن هذا أبسط الحدود فى معادلة محتملة لمجال الجاذبية. فلها متغير قابل للتعديل مضروبا فيها - وهو الثابت الكونى. بعد هذا التحول التام، قال آينشتاين إنه يعرف قيمة هذا المتغير القابل للتعديل وأنها صفر. لكن كيف أمكنه أن يعرف ذلك؟ فالفكرة فى هذه المتغيرات القابلة للتعديل أنه يمكن قياسها بالملاحظة ما لم يكن هناك مبدأ عميق يمكن الخروج به للقول بأن قيمة بعينها ضرورة ملحة. لكن لم يكن هناك من مبدأ كهذا بل كان مجرد رأى مسبق.

كيف يمكننا القول إن الثابت الكونى ليس صفرًا؟ حسنًا، سوف يظهر ذلك فى الطريقة التى يتمدد بها الكون، والذى قد يكون أسرع قليلاً عن غيرها من الحالات. وحتى مؤخرًا، لم يكن الفلكيون بمقدورهم الاتفاق على مدى سرعة تمدد الكون، دعك من تحديد التغيرات الصغيرة فى سرعة التمدد، ولذا فإن الملاحظات كانت متسقة مع قيمة غير صفرية لكنها لم تفرضها.

لقد رأيت أن هناك حاجة لسبب آخر يجعل من الثابت الكونى غير الصفرى فكرة جيدة - سبب من فرع مختلف فى العلوم. ولقد وجدت هذا السبب الآخر فى السبعينيات حيث كنت أعمل فى ذلك الوقت على نظرية الكم للمجالات، هذا الموضوع الذى يبدو

بعيداً عن علم الكون. ووفقاً لنظرية الكم فإن الفراغ التام هو أسطورة. فليس هناك من شك أن بمقدور المرء إزالة كافة الإلكترونات والفوتونات وغير ذلك من منطقة ما من الفضاء لكن دوماً سيظل هناك باقٍ لا يمكن التخلص منه. وهو ما يتكون مما يطلق عليه الجسيمات الافتراضية. إنها جسيمات مراوغة تتقافز من لامكان لتختفى ثانية بسرعة. هذه الجيئة والذهاب يقودها عدم التيقن الكمى - هذا الأمر الذى طالما بغضه آينشتاين. فالقفزات العشوائية فى الطاقة على مدى فواصل زمنية صغيرة تأتى بجسيمات افتراضية من لاشيء. من ناحية أخرى تدمر التأرجحات هذه الجسيمات. وبهذا تأتى الأجسام الافتراضية وتنزوى فى نصف وجود.

غالبا ما تمضى هذه الجسيمات الشبحية دون أن تُلحظ لكن لها أثرًا مميزًا على خصائص الذرات وأنظمة كم أخرى، لذا نحن نعرف أنها موجودة. كان السؤال الذى أطرحه أنا والفيزيائيون النظريون فى سبعينيات القرن الماضى هو ما إذا كانت هذه الجسيمات الشبحية تتجاذب كما الأجسام الطبيعية. هل لكل هذه الأمور الكمية سريعة الزوال قدرة وأثر عميق؟ وإن كان الأمر كذلك، فما هى أهمية هذه الجسيمات الافتراضية؟

لقد أظهرت الحسابات أنه ليس بالإمكان الفصل بين المحتوى الواقعى والمحتوى الافتراضى فى لعبة الجاذبية: بل إن كلاهما يسهم فيها. لكن النتيجة المذهلة هى كيف تتجاذب هذه الجسيمات الافتراضية. فالتفاصيل الدقيقة تعتمد على هندسة خلفية الزمكان حيث تظهر فيها هذه الجسيمات الافتراضية لفترة وجيزة لكن دومًا ما كان هناك إسهام يحاكى بدقة ثابت آينشتاين الكونى. لذا فإن تأثيرات الفراغ الكونى تخلق أوتوماتيكيًا تنافرًا كونيًا. ولذا فإن الأمر ليس هناك مشكلة إلى حد بعيد فى أنه يجب أن يكون هناك حد الجاذبية المضادة فى معادلات مجال الجاذبية بقدر لماذا يجب إسقاطه من الاعتبار.

بل إن السؤال الملح دونما شك هو كم من الجاذبية المضادة يولده الفراغ الكمى. إننا هنا أمام مشكلة. فالحسابات أشارت إلى أن كم الطاقة الكلى فى فراغ خالٍ لا نهائى، وهو ما يقود إلى قوة جاذبية المضادة قوية بشكل لا نهائى.

متى ظهرت ما لانهاية فى حساب كمية فيزيائية قابلة للملاحظة، يدق جرس الإنذار. فمن الواضح أن ثمة افتراضاً غير مبرر قد جرى طرحه فى هذه الحسابات. ولم يكن من العسير الوقوف على موضع المشكلة. فإسهامات الجسيمات الافتراضية لقوى التنافر الكونى تعتمد على مدة بقائها. وهذه الأجسام التى تأتى وتختفى بسرعة تخلف تأثيراً أكبر على الجاذبية من هذه التى تبقى لفترة طويلة. وافترضت حساباتنا أنه ليس هناك من حد أدنى للوقت الذى قد يحياه جسيم افتراضى. لكن هذا كان تفكيراً مزدوجاً. فالذبذبات الكمية التى أتت بالجسيمات الافتراضية هى ذاتها التى تجعل الجسيمات الفضائية تؤثر على الزمكان حيث تعيش فتجعله يتهزهز. إنه لتأثير صغير لكن على مستوى ميكروسكوبى الحجم والمدة فإن هذه الذبذبات الكمية يمكن أن تسبب تعديلات كبيرة فى بنية الزمان والمكان. لقد عرف هذا المعيار منذ عقود عديدة وأطلق عليه اسم ماكس بلانك، واضع نظرية الكم، وهو حوالى ١٠–٤٣ ثانية. وتقاليد الفيزياء تقول بأنك لا تستطيع أبداً تقسيم الوقت إلى أصغر من ذلك.

بهذا يقدم زمن بلانك حداً أدنى طبيعياً لحياة الجسيم الافتراضى. وبإدخال هذا الحد فى حسابات الجاذبية المضادة سوف يخرج بنتيجة متناهية لكنها ما زالت أزمة مؤلمة. فشدة التنافر الكونى تصل إلى نحو $١٠^{١٢٠}$ مرة الحد الأقصى الذى تتيحه الملاحظات أى أكبر منها بقيمة ١ متبوعاً بـ١٢٠ صفراً من اليمين.

عرفت هذه الحالة من عدم التوافق بين النظرية والملاحظة بمشكلة الثابت الكونى. ولعقدين من الزمان ظن الكثير من الفيزيائيين أن المشكلة سوف تحل بنظرية أكثر عمقا ورقياً، ربما نظرية تسهم فيها بعض الجسيمات الافتراضية سلبياً إلى التنافر الكونى، بحيث تدحض تماماً الإسهامات الإيجابية، بحيث تصبح المحصلة صفراً فى النهاية. وكان آينشتاين ليحب ذلك. ومع ذلك فإن المحاولات فى هذا الصدد لم تكن مقنعة وبدا أنها نابعة من الرأى والتحامل المسبق ضد الثابت الكونى. وبالطبع من الواضح أنه لابد أن يكون للميكانيكا قدر من القوة لتختزل شدة التنافر الكونى، لكن ليس هناك من سبب معقول حول لماذا يجب اختزاله إلى صفر بالأخص.

دعونى ألخص موقفى الذى تكون لدى عند بداية تسعينيات القرن الماضى. فأكثر معادلات الجاذبية عمومًا تتكون من تتابعات من الحدود الممكنة، كل مضروب فى متغير شدة لابد وأن يحدد بتجربة أو ملاحظة. أبسط هذه الحدود هو التنافر الكونى ومن بعدها الجاذبية النيوتنية. هناك حدود أكثر تعقيداً. ولقد قرر أينشتاين فى النهاية المضى بالحد الثانى فقط وتثبيت شدة المتغيرات الأخرى كلها عند صفر بالضبط. لكن بدون نظرية للمتغيرات الشدة هذه فإن انتقاء الصفر هو أمر غير مبرر تمامًا خاصة عندما تقدم حسابات الفراغ الكمى البسيطة قيمًا غير صفرية. أو هكذا تصورت الأمر. بل إننى طرحت كتابًا (منشوراً عام ١٩٩٥ تحت عنوان حول الزمن) وفيه دافعت بشدة حول فكرة الثابت الكونى غير الصفرى. كانت قلة قليلة جداً من الفيزيائيين أو علماء الكون مستعدين للموافقة مع فكرتى، ومع ذلك فإن جورج إيفستاثيو كان استثناء ملحوظاً. فميراث أينشتاين كان قويًا جداً ومشاعر رفض الثابت الكونى كانت هائلة لذا فإن الدليل المباشر من الملاحظة على التنافر الكونى كان السبيل الوحيد لتغيير الوضع.

مرت الأيام ووجد العلماء هذا الدليل. فلقد أعلن فريقان دوليان فى نهاية التسعينيات أن الكون يتمدد أسرع من المفترض إذا كان خاضعا لقوى الجاذبية المضادة فقط. ولقد قام استنتاجهما على دراسة المستعمرات العظمى النائية. فهناك أحداث عنيفة تحدث فى نجوم ويمكن استخدامها لمعرفة المسافات بين النجوم والتى بدورها تعطينا مقياساً عن معدل تغير التمدد الكونى مع الزمن.

دعونى أوضح هذه الصورة التقليدية. فالنموذج المتعارف عليه للكون يبدأ مع الانفجار العظيم الذى نعرف اليوم أنه حدث منذ حوالى ١٣،٧ بليون عام. ثم بدأ الكون فى التمدد بسرعة متزايدة لكن التجاذب بين المادة عمل كقوة تهدئ من التمدد وتبطئ من معدله بالطريقة ذاتها التى تبطئ بها سرعة كرة مقذوفه فى الهواء أثناء صعودها. وبالنسبة لمادة كونية ذات كثافة محددة فإنه يمكن حساب هذا التباطؤ المتوقع ومقارنته بالملاحظة.

لننظر الآن كيف يتأثر التمدد إذا تضمن قوة التنافر الكونى. ولنتذكر أن هذه القوة صغيرة على مستوى المسافات الصغيرة. بعد الانفجار العظيم مباشرة كان الكون مضغوطًا جدًا لذا وكانت قوة التنافر صغيرة جدًا جدًا بما لا يتيح لها أن تصنع اختلافات كبيرة. لكن بينما الكون يتمدد فإن قوى التنافر تزداد حتى سوف تتفوق على قوى الجذب فى النهاية. وهنا سوف يتوقف تمدد الكون عن التباطؤ ويمضى فى التسارع. ويشبه هذا إلى حد بعيد ما قال العلماء بملاحظتهم إياه خلال هذا التحول الذى حدث منذ نحو ستة بلايين عام مضت. ولا شك أن آينشتاين لم يكن يتحير كثيراً لو أنه بين ظهرانينا اليوم.

على الرغم من أن هناك عدة نظريات قد تفسر تمدد الكون، فإن الثابت الكونى لآينشتاين يظل أبسط هذه التفسيرات أو طاقة الفراغ الكمى - المعروفة اليوم بالطاقة المظلمة. لكن الأمر لا يمكن أن ينتهى هكذا، فمازالت مشكلة الثابت الكونى الأصلية قائمة كما هى فمازلنا فى حاجة لتفسير السبب وراء أن كمية الطاقة المظلمة أصغر بكثير من القيمة الطبيعية التى أشارت بها نظرية مجال الكم (أصغر بنحو ١٠^١٢٠ مرة).

حتى معظم المحاولات المتفائلة للخروج بنظرية موحدة للفيزياء، مثل نظرية الوتر المرتبط بنظرية M، تولى هذه المشكلة اهتماماً محدوداً. وفى الحقيقة، لقد أشار بعض رواد المنظرين، ربما بلمحة من اليأس، أن شدة التنافر هى متغير عشوائى، ذلك أن قيمتها الضئيلة فى منطقتنا من الكون ليست سوى ضربة حظ. ثم يقولون إنه بأخذ نظرة عين الرب سيكون التنافر أكبر فى كل مكان. وفى منطقة بعينها، سيكون التنافر الكونى قوى لدرجة أن المادة ستنفجر متشتتة فى كل مكان قبل أن تتاح الفرصة لتكون أى نجوم أو مجرات. وبهذا فإن السبب وراء وجودنا فى هذا الموضع الكونى بعينه هو أن الحياة ستكون مستحيلة فى المناطق المتفجرة المستمرة. وكما قد يفسر وسطاء العقارات الكونية الأمر. فإن سر الحياة هو الموقع والموقع.

إننى على يقين تام أن آينشتاين كان يكره هذا التفسير المرتبط بالإنسان لصغر الثابت الكونى. فلقد كان يعتقد أن الملامح الأساسية للعالم الفيزيائى تنبع من مبادئ أساسية محورية تكتسب ما لهـا من مكانة بجمالها وإيجـازها وقـدراتها التفسيرية. إنه كـان يبحث عن السـبب العميق الذى يجعل هذه الحرب الشرسة بين التجاذب والتنافر يجب أن تكون طريقًا مغلقًا لا انتصارًا ساحقًا للتنافر!

لذا يظل التحدى كما هو. فهذا الثابت الذى وضعه آينشتاين فى الاعتبار ثم لفظه ثم أعاد النظر إليه ثانية لابد وأن يوضع فى الاعتبار مرة ثانية. فالمحاولات لتفسير قوة هذا الحد قد هزمت نخبة فيزيائى العالم النظريين. وعلى الأرجح سيتطلب الأمر آينشتاين آخر ليجيب على هذا السؤال.

آينشتاين فى الشفق

لورانس . م . كراس

لورانس كراس: هو أستاذ كرسى أمبروز سواسى الفيزياء وأستاذ الفلك فى جامعة كاس ويسترن ريزيرف الذى قامت أبحاثه فى الأساس على العلاقة بين ظاهرة الكم على مستويات رئيسة وعلم الكون. وهو مؤلف عدد من الكتب العلمية الشهيرة بما فيها الكتب الأفضل مبيعًا "فيزياء ستار تراك" (وهو ضمن أفضل الكتب مبيعا) وكذلك "الجوهر الخامس" و"الذرة" وآخرها "الاختباء فى المرآة".

بينما أعد كتابى الأخير "الاختباء فى المرآة" الذى يدور حول ولعنا المستمر بالأبعاد الإضافية extra dimensions، أتيحت لى الفرصة لمشاهدة حلقة قديمة عن الشفق حيث تختفى فتاة صغيرة وراء الجدران فى البعد الرابع. وكان بطل البرنامج فيزيائيًا مقداماً استطاع بقطعة من الطباشير والتفكير الواضح الهادئ، إنقاذ الفتاة وأبيها وكلبها قبل انغلاق البوابة التى عبرت خلالها إلى الأبد.

لقد أدركت بعد مشاهدة البرنامج أنه شمل على واحدة من ذكريات الطفولة التى لا يفسح لها المجال؛ فجانب من سبب اتخاذى القرار أن أصبح فيزيائيًا هو رغبتى فى أن أكون مثل هذا العالم البطل. وأدركت أيضًا أنه لن يوجد على الأرجح مثل شخصية البطل هذه على التلفزيون سوى ألبرت آينشتاين الذى خلق الصورة الحديثة للعالم الذى يهتم بأكثر أسرار الكون غموضًا وكذلك بحال البشر من حوله. فلقد كان آينشتاين بلا شك بطل القرن العشرين العالم الفذ.

إن ميراث آينشتاين، جنباً إلى جنب مع تأثيره العميق على الثقافة بشكل عام، يتمتع بحضوره وتأثيره على المجتمع العلمى بأسره. فأجيال من أطفال اليهود الطموحين من أمثالى قرروا أن يديروا ظهورهم لنصائح آبائهم بالالتحاق بكليات الطب، بغية تأمين الحياة المادية المترفة، وسعوا أن يكونوا منظرين فيزيائيين مثل آينشتاين يعلو ستراتهم غبار الطباشير (كما كانت هى دائما شكوى وتبرم أمى عندما بحت لها بمخططاتى). وعلى الرغم من هذه النصائح غير المتعاطفة التى هدفت إلى إقصائى عن هذا السبيل، لكن أن تجلس وحيداً فى مكتبك فى إحدى الليالى لتكون أول شخص فى التاريخ يتوصل إلى فهم جانباً ما محورياً من الكون كانت فكرة ذات إغراء يستغرقنى ويجتذبنى دونما هوادة. لكن تأثير آينشتاين لم ينته عند هؤلاء العلماء الناشئين من خلفه بل يمتد إلى علماء اليوم أيضا. فإذا ذهبت اليوم إلى معهد الدراسات المتقدمة حيث أمضى آينشتاين عقده الأخير ستجد أن هؤلاء المحاضرين الذين يستعينون بالطباشير يلقون أعلى درجات الاهتمام لا هؤلاء الذين يستخدمون الحاسوب والبور بوينت.

لا شك أن أثر آينشتاين يشمل المادة العلمية التى قدمها إلى جانب أسلوبه الخاص المميز. فلقد أمضى الثلاثين عاماً الأخيرة من حياته يعمل وحيدا إلى حد كبير – بلا جدوى فى النهاية على ما يبدو – على نظرية موحدة تضم كافة التفاعلات. لكن عمله أعيق بحقيقة أنه فى الوقت الذى بدأ فيه بحثه لم يكن قد جرى التوصل بعد إلى اثنين من قوى الطبيعة الأربعة المعروفة. أما السنوات الماضية منذئذ فشهدت نجاحا فى بناء الأطر النظرية التى تصف وتتنبأ بشكل صحيح بكافة الظواهر المرتبطة بالقوى غير الجاذبية الثلاثة وهى الكهرومغناطيسية والقوى النووية الضعيفة والقوى النووية القوية. أما الجاذبية فلم تنصع حتى الآن إلى ما يبذل فيها من مجهودات.

إن العائق الأكبر كان آينشتاين ى بشكل خاص؛ ذلك أنه شمل لعنة آينشتاين الشهيرة ألا وهى ميكانيكا الكم. فالأمر الذى أثبت أنه مستغلق تماماً هو اشتقاق صياغة ميكانيكا كمية كاملة الاتساق للنظرية النسبية العامة يمكنها الخروج بتنبؤات يمكن وضعها محل الاختبار. فجانبًا من المشكلة أن الجاذبية ضعيفة – بالمقارنة مع

القوى الأخرى بين الجسيمات الأساسية التى يمكننا قياسها الآن - حتى إنه من العسير التوصل إلى وسيلة لوضع نتائج وتأثيرات الكم موضع الاختبار. أما الجانب الآخر فهو أن طبيعة النظرية النسبية العامة تبدو وكأنها تحمل ضمنياً أن الطرق المتعارف عليها التى غدت بها القوى الأخرى فى الطبيعة متوافقة مع ميكانيكا الكم سوف تأتى بنتائج لا معنى لها عندما تطبق على الجاذبية.

لقد طرح حلان لهذه المشكلة واللذان يعكسان كلاهما ميراث آينشتاين. أولهما شمل مجهودات امتدت على مدار جيل كامل لاشتقاق نوع جديد من النظرية الموحدة التى قد تشمل الجاذبية والقوى الأخرى فى الطبيعة بينما فى الوقت ذاته تخرج بنظرية كم متسقة. وستطلب هذه النظرية بالضرورة أن تدمج النسبية العامة مع فى صياغة أوسع ستتجاوز العوائق الحالية فى الكنتمة quantization - وأعنى بذلك ظهور عدد لانهائى من الحدود الكبرى فى توقعات النظرية. ولقد طرحت نظرية لتلعب هذا الدور وأخذت العديد من الأسماء حيث بدأت تحت اسم نظرية الوتر ثم ظل الاسم يتغير حتى انتهى عند نظرية - M، وهى صورة من نظرية الأوتار التى تشمل الأغشية Membrane وفيها M هى الحرف الأول من غشاء وأم ومصفوفة أو غامض[1].

من الواضح أنه إذا افترض المرء، على مستوى رئيس، أن ما درج على اعتباره فيما مضى الجسيمات النقاط وجدت بدلاً من ذلك تعكس حالات من إثارة الأوتار المهتزة، فإننا بصدد نتائج مذهلة. أولا أن مثل هذه النظريات تتطلب جسيماً له خصائص جاذبية، أى هذا الجسيم الذى سوف يبث طاقة جاذبية فى نظرية ميكانيكية كمية للجاذبية. ثانياً أنه، ومن حيث المبدأ على الأقل، يمكن خلال هذه النظريات تفادى اللانهائيات التى تعم الصور الكمية للنسبية العامة. لكن هذا الحل الأول له ثمنه؛ ذلك أن نظرية الوتر وما تلاها غير متسقة فى الأبعاد الأربعة، وتتطلب عشرة أو أحد عشر أو ستة وعشرين بعداً لتسوى عدم الاتساق هذا.

---

(١) M for membrane, mother, matrix or mysterious.

لكن الأمر الأسوأ أن مثل هذه النظريات معقدة جداً لدرجة أن علينا أن نفهم بدقة ما نوع العالم رباعى الأبعاد الذى قد تنتجه بالنسبة للمستوى الكبير - أو ما إذا كانت ستخرج بعالم كهذا من الأساس. وماذا عن هذه الأبعاد الإضافية التى ليس لها من تفسير على الإطلاق حالياً. هل هى مختفية مفتولة خلال كرات دقيقة جداً على درجة من الصغر تحول دون التعرف عليها خلال التجارب الحالية؟ أم أنه من المحتمل أن فكرة "البعدية" ذاتها مفهوم مستبعد جداً من غير المناسب تطبيقه على مثل هذه النظرية؟ لذا، وبينما اشتقت الكثير من النتائج النظرية، فإنها تظل فعلاً خارج عالم الفيزياء القابل للاختبار تجريبياً. وعلى هذا سيتعين علينا الانتظار إما لبروز بعض الأفكار الجديدة أو التوصل إلى بعض التجارب المحظوظة التى توضح ما إذا كنا على الدرب السليم.

أما الطريقة الثانية لحل المشكلة فكان أينشتاين يميل إليها ويجدها أكثر إشباعاً. فهو لم يقبل أبداً بالطبيعة العشوائية لقياسات ميكانيكا الكم، واشتاق إلى تعديل نظرى لا يقتصر على الخروج بتنبؤات ميكانيكا الكم إنما يقدم قياسات حتمية تماماً يمكن قياسها بشكل فيزيائى. ولقد أشار عدد من الفيزيائيين المبرزين فى السنوات الأخيرة، ومنهم جيرارد هوفت الحائز على جائزة نوبل، بإعادة النظر فى احتمالية أن تكون ميكانيكا الكم، لا الجاذبية، هى سبب المشاكل المرتبطة بالنسبية العامة. لكن يظل هناك أيضاً أن الاتجاه العام بين أوساط الفيزيائيين الذين يعملون على هذه التوجهات المختلفة يشير إلى نظرية - M. وعلى كل حال فإن الزمن كفيل بالإجابة.

إن تراث آينشتاين لا ينتهى عند مجرد دراسة تفاعلات الجسيمات الأولية، بل إنه يؤثر بقوة أيضاً فى الدراسة الحالية لديناميكيات الأجرام الكبرى فى الكون، بما فى ذلك الكون المُشاهَد بكامله. ولقد شهد العام ١٩٩٨ التوصل إلى أن تمدد الكون الذى اكتشفه إدوين هابل عام ١٩٢٩م كان يتسارع لا يتباطأ. لكن هذا بدا أمراً منافياً للعقل والطبيعة ذلك أن الجاذبية، ومع كافة الأنواع الطبيعية للمادة والإشعاع، جاذبة بشكل كونى ولهذا فإن الجذب المتبادل بين المجرات وتجمعات المجرات يجب أن تبطئ أى تمدد.

ولقد قام آينشتاين عام ١٩١٧م بإدخال كمية على معادلاته لتجابه القوة الجاذبة ساعياً من وراء ذلك إلى الإبقاء على الحقيقة الخاطئة آنذاك بأن الكون ساكن. فهذا الثابت الكونى، كما أصبح يعرف فيما بعد، سوف ينتج عنه قوة تنافرية كلية خلال الفراغ والتى ستعادل جذب الجاذبية بين الأجسام البعيدة عن بعضها.

لكن آينشتاين وقع فى خطأ هذه المرة ولم يقد ثابته الكونى أبداً إلى كوناً ثابتاً مستقراً لكن اكتشاف تمدد الكون جعلنا نتفادى الحاجة إلى قوة تنافرية لأن جاذبية الكون يمكن أن تكون محض جاذبة فقط لتعمل على إبطاء التمدد أو حتى عكسه فى نهاية المطاف. ولقد كثرت الإشارة إلى أن آينشتاين وصف هذا الثابت "بسقطته الكبرى".

لكن يبدو أن الأمور تتغير اليوم بشكل كبير وهذا الثابت يرفض أن يظل كبوة العالم الكبير. فليس لدينا اليوم فكرة عما قد يكون مسئولاً عن تسارع تمدد الكون المشُاهَد مؤخَراً، لكن يبدو أن الثابت الكونى هو أفضل الخيارات المطروحة أمامنا إذ ننظر إليه من منظور مختلف عن آينشتاين. فلقد اتضح أنه إذا سمحنا للفراغ أن يحمل طاقة فإن هذا سيقود بشكل أوتوماتيكى إلى ظهور الثابت الكونى. وعندما تدمج قوانين ميكانيكا الكم مع النسبية فإنها تشير ضمنيًا إلى وجوب وجود هذا الثابت – أى أنه ينبغى أن توجد طاقة فى الفراغ. لكن المشكلة الوحيدة أنه بحساب كم الطاقة التى ينبغى أن توجد فى الفراغ فإننا نصل إلى ١٢٠ أسًا أكبر مما تتيحه لنا الملاحظة. لذا من الواضح أن هناك ثمة شيئًا هامًا فى الجزء المشترك بين الجاذبية وميكانيكا الكم لم نتوصل لفهمه بعد. وسواء تطلب الأمر مراجعة رئيسة عميقة لفهمنا لنظرية آينشتاين فإن ما يبدو أن أفكار آينشتاين ستمثل قلب الموضوع.

على الرغم من هذا كله، فإن وفرة وعمق إسهامات آينشتاين فى الفيزياء ليس هى السبب الذى يجعل منه بطلاً خارقًا فى أعين العلماء أمثالى. بل إنه كان مهتماً بشكل خاص بحال البشر وكتب الكثير والكثير حول المواضيع الاجتماعية مرتقياً بدور العالم – المواطن إلى مستوى جديد. ويحمل هذا بعداً خاصاً ذلك أن آينشتاين بشكل خاص كان يبدو عليه عدم الإقدام على الأمور العامة. لكنه أدرك أنه سواء راق له الأمر أم لا،

فإن هناك ارتباطًا وثيقًا بين نتائج المساعى العلمية والحياة الكريمة للبشر. وكان أيضًا ذكيًا ليدرك ثقل شعبيته بين العامة دون أن يفرد لهذا مساحة تطغى على حياته الخاصة. لذا فإنه وافق عندما أرسل إليه الفيزيائى البارز ذى الأصول المجرية ليو سزليارد وآخرون مسودة خطاب ليبعث به إلى الرئيس روزفلت طالبًا منه تقديم الدعم والعون لبحث يرمى إلى تطوير ما سيصبح فى النهاية أسلحة نووية على الرغم من مواقفه الدائمة للدعوة إلى السلام والوئام. فالتجربة المريرة التى ذاقها تحت الحكم النازى قد تركت لديه قناعة أن التصرف السلبى وعدم التصرف فى مثل هذا الموقف لهو أكثر خطورة من التصرف.

مع تزايد شهرة آينشتاين عامًا بعد عام، وجد أن هناك اتجاه لاستخدام اسمه فى بعض القضايا لكنه تمسك بحزم وإصرار بمبادئه وأفكاره الخاصة على الرغم من الضغوط الشديدة عليه. ولقد مثل تركيز شباب الباحثين على إنجازاته العلمية لا حياته الشخصية واحدًا من أهم هذه المبادئ. فهناك حقيقة سوسيولوجية هامة أن المجتمعات تربط الفنانين بأعمالهم بطرق وأشكال مختلفة فقدماء الإغريق مثلاً نظروا إلى الإبداع البشرى على أنه شىء منفصل عن أصحابه. لذا لم يكن هناك هوس كاريزمى بالشخص ذو المكانة كما هو الحال الآن. وأنا أعلم أننى فيما أكتبه هاهنا أبدو وكأننى سرت فى ركاب تركيز جيلى الحصرى على الرجل المشهور. ولهذا أود التركيز على ذات الأمر الذى أشار به آينشتاين على الأجيال القادمة حيث ينبغى أن يكون احتفائنا فى المقام الأول بالأفكار لا الأشخاص. لذا عندما نتأمل ما خلفه آينشتاين الذى صوره المجتمع الحديث على أنه عالم مثالى دائم الشرود وعبقرى فإنه ينبغى علينا إدراك أن قوة أفكاره هى ما فرضت شخصه على كثير من جوانب ثقافتنا وسعينا العلمى. صحيح أن آينشتاين لم يكن يرتدى الجوارب وأن حياته شهدت الكثير والكثير من النساء إلا أن علمه هو ما جعل منه آينشتاين وهو ما كون ميراث آينشتاين. لذا فإنه ينبغى علينا إلا أن نتذكره اليوم – ونحن نحتفل بالذكرى المائة لتطويره النسبية الخاصة – بالطريقة التى أرادها.

وفى النهاية وبينما تسوؤني تنحية أينشتاين الرجل على مستوى ما، فإننى لا أجد أمامى سوى أن أفكر كيف أنه من الممتع والرائع - فى مجتمع جرت فيه العادة وسادت أن يتم اختيار نجومه ولامعيه وفقاً لجمال الوجوه وإشراق الطلعة أو حتى نزعاتهم للعنف والتدمير - أن يكون هناك عالم قد حاز مكانة البطل الخارق والذى أفسحت أفكاره لذاتها مكانا فى كل ركن قصى حتى فى منطقة الشفق.

لا بداية ولا نهاية

بول ج شتينهاردت

يشغل بول شتينهاردت كرسى فى ألبرت آينشتاين أستاذًا فى العلوم فى جامعة برنستون إلى جانب عمله فى أقسام الفيزياء وعلوم الفيزياء الفلكية. تتراوح أبحاثه بين مشاكل فى فيزياء الجسيمات والفيزياء الفلكية وعلم الكون وفيزياء المادة الكثيفة. وهو واحد من مصممى النموذج التضخمى (المتنامى) للكون وهو تعديل لفكرة الانفجار العظيم التى تفسر تجانس وهندسة الكون وأصل التقلقلات والتذبذبات التى أتت بتكوين المجرات وبنية المستوى الكبير. ولقد وضع نفسه على قمة دراسة "الجوهر"، وهو شكل ديناميكى للطاقة السوداء التى قد تفسر التسارع الكونى الحادث / الحالى. ولقد تلقى شتينهاردت وسام P A M DIRAC من المركز الدولى للفيزياء النظرية عام ٢٠٠٢م.

توفى ألبرت أينشتاين عندما كنت فى الثانية من العمر؛ لذا فإنه ظل أغلب حياتى رمزًا أسطوريًا بعيدًا. ومع ذلك فإننى شعرت بوجوده فى كل مكان منذ انتقلت إلى برنستون عام ١٩٩٨م. فعلى بعد عدة أميال قلائل من جامعة برنستون يوجد معهد الدراسات المتقدمة الذى كان آينشتاين واحدًا من مؤسسيه. وفى الطريق إلى الجامعة، أمر يوميًا بمنزله ذى النوافذ البيضاء فى شارع مرسير المكتوب على بابه "الرب ماهر لكنه ليس ماكرًا". هذا المنزل الذى يستخدم اليوم كإقامة لقسم الفيزياء. وهناك يوجد

تمثال نصفى لآينشتاين حيث اعتدت تناول القهوة كل صباح. وبينما أعود لمكتبى أمر بحائط مزين بصور آينشتاين وهو يقابل الفيزيائيين المرموقين فى برنستون. وهاهى مكتبتى وقد حوت مئات الكتب الفيزيائية التى نهضت على إسهامات آينشتاين الرئيسة. بل إن عنوان كرسى الأستاذية الخاص بى فى جامعة برنستون يحمل اسم آينشتاين. لكن الأمر الأهم والأعمق هو كيف تغير اتجاه بحثى وتغيرت أفكارى لتميل أكثر وأكثر نحو آينشتاين ووجهات نظره فى طبيعة الكون.

لعل ذلك لا يبدو غريبًا لمن يدرس أصل وتطور الكون. فالكون يخضع فى النهاية للجاذبية ولهذا فإن نظرية النسبية لابد وأن يكون لها دورها المحرك فى أى نموذج حديث للكون. ومع ذلك فإن انشغالى واهتمامى المسبق بآينشتاين يرتبط بالأحرى بالغرائز الأساسية ووجهات نظره الفلسفية المرتبطة بالكون ككل لا بإسهاماته التخصصية فى هذا المجال.

لقد برزت رؤى آينشتاين فى محاولته الأولى لتطبيق النسبية العامة على الكون. كان ذلك عام ١٩١٧ وبعد مضى فترة قصيرة من تقديمه نظريته الثورية عن الجاذبية (لكن قبل أن أكدت بعثة آرثر إدينجتون لكسوف الشمس عام ١٩١٩ الأمر). وهنا حققت بديهة آينشتاين وقدراته الفطرية الخارقة نجاحًا ذائعًا واسعًا عندما طبقت على كل مجال فى الفيزياء تقريبًا؛ لذا فإنه مضى بثقة نحو وضع نموذج جديد للكون. ولقد صاغت الورقة المجال بشكل جديد. بل إن الكثير من الجوانب التخصصية التى طرحت بها مثلت جزءًا من علم الكون.

لكن تظل مكانة آينشتاين فى علم الكون نقطة تعددت فيها الآراء وتداخلت. فعمله كان قائمًا على فكرة أن الكون ساكن غير متغير، ومع ذلك فإن هذا الاحتمال تبخر بقدوم العقد التالى حاملاً معه توصل فيستو سليفر وإدوين هابل إلى تمدد الكون فيما دفع معظم علماء الكون إلى إسقاط مفهوم الكون الثابت من حساباتهم ليميلوا إلى المفهوم الجديد للكون المتمدد الذى تطور اليوم إلى نموذج الانفجار العظيم. (ومع أن فريد هويل وهرمان بوندى وتوماس جولد قد قاموا بمحاولة أخيرة للإبقاء على

فكرة آينشتاين عن كون أبدى بافتراض نموذج حالة ثابتة. فإن هذه الفكرة قد تحطمت على صخرة اكتشاف الكوازارات[١] وإشعاع الموجة الخلفية فى الستينيات). أما الإجماع حالياً فهو أن آينشتاين وقع فى خطأ كبير حيث أن الكون له بداية محددة تعود إلى ١٤ بليون عام مضت وله مستقبل غريب غير محدد. ويلتمس علماء الكون العذر لآينشتاين على أساس أنه لم يكن لديه أى ملاحظات فلكية تقريباً ليرسى عليها حكمه ولم يكن ليعلم التطورات الكونية اللاحقة فى الفيزياء التى تدعم نموذج الانفجار العظيم.

لكن بعد نحو تسعين عام وجدت نفسى أتساءل ما إذا كانت فكرة آينشتاين هذه بعيدة جداً عن الصواب كما تفترض الغالبية العظمى من علماء الكون. فالاكتشاف الحديث للتسارع الكونى وهذه الأفكار الجديدة حول الزمكان دفعتنى نحو إعادة النظر إلى كلمات المعلم.

ثم جاء اكتشاف تسارع تمدد الكون ليبعث من جديد الاهتمام بالثابت الكونى الذى قدمه آينشتاين لأول مرة فى ورقة عام ١٩١٧ كوسيلة للإبقاء على الكون ساكناً. فلقد أدرك أنه لا يمكن أن يكون الكون ساكناً خلال المادة وحدها وذلك بسبب جاذبية المادة الذاتية. ولقد كان شغوفا جداً للإبقاء على ثبات الكون حتى إنه شوه معادلات النسبية العامة الرائعة ليجابه توجه المادة نحو الانكماش. لذا قدم ثابتًا كونيًا يأتى بقوة جاذبية تنافرية مضادة والتى يمكن ضبطها لتبقى على اتزان الكون. لكن بعد أن أطاح اكتشاف سليفر وهابل بالنموذج الاستاتيكى، تراجع آينشتاين عن تعديلاته التى أدخلها على النسبية العامة وأعلن أن هذا الثابت هو سقطته الكبرى. وبدا حينها أنه قد ألقى بالثابت الكونى إلى سلة المهملات.

ثم جاءت التسعينيات لتشهد وفرة من القياسات الكونية - بما فى ذلك ملاحظات إشعاع الموجة الخلفية الكونية وتوزيع المجرات والضوء الذى يصلنا من المستعمرات

---

(١) الكوازارات Quasar هى أجسام تشبه النجوم قد تشع موجات راديو وأشكال أخرى من الطاقة.

العظمى البعيدة – تقود فى مجموعها إلى استنتاج مشترك وهو أن تمدد الكون يمضى بشكل متسارع. ويحمل التسارع معنى ضمنى هو أن معظم الطاقة فى الكون تتكون من مكون ذاتى التنافر تجاذبيًا يماثل الثابت الكونى (أو لعله يساويه بدقة) – مكون طاقة أطلق عليها الطاقة المظلمة. وفجأة أصبحت سقطة آينشتاين الكبرى صيحة الآفاق ولمرة أخرى أصبح آينشتاين واحدًا من العظام الذين يتخطون أفق الزمان والمكان.

ومع ذلك يظل دور الطاقة المظلمة فى نموذج الانفجار العظيم فى يومنا هذا ضئيلاً بالمقارنة بما ارتآه آينشتاين. فهى لا تمنع أن يكون للكون بداية. ولا تلعب دورًا فى بلايين السنيين التى تكونت خلالها المادة والإشعاع وجرى فيها توزيع الطاقة فى أرجاء الفضاء. وليس لها علاقة بتكوين أول المجرات والنجوم والكواكب. كما أنه ليس لها تأثير على تطور الكون حتى مضى عشرة بلايين سنة من التطور العميق المؤثر. وبهذا فإنه عندما تكتسب الطاقة المظلمة أهمية وشأنًا فإنها لا تقود إلى كون ساكن كما تصور آينشتاين. بل إن الطاقة المظلمة، وعلى مستوى المستقبل المنظور، تقود إلى تسارع تمدد الكون مما يحوله تدريجيًا إلى فناء خرب.

يا لها من مفارقة أن يعود الاهتمام بالطاقة المظلمة وأن تزكى بديهة آينشتاين فى هذا الصدد لكن فى سياق مضاد تمامًا لحلمه الأصلى! أما أن الأمر لاكتشاف الطاقة المظلمة ذو معنى أعمق وأهم؟ وهل يمكن أن تكون هذه علامة أن آينشتاين كان أقرب للحقيقة عام ١٩١٧ منا نحن الآن؟

لقد وجدت نفسى أطرح هذه الأسئلة لأن نيل تورك، خريج كامبريدج، وأنا أمضينا السنوات الماضية نطور نموذجًا جديدًا يجابه نموذج الانفجار العظيم. كان طموحنا فى البداية هو الخروج بنموذج مختلف قدر الإمكان عن الصورة السائدة وأن تتفق تنبؤاته مع الملاحظات الحالية بنفس درجة الدقة البالغة. لم نكن نعرف وجهتنا فى بداية الرحلة وبدت فرص النجاح محدودة جدًا خاصة بالنظر إلى الملاحظات الفلكية الجديدة التى أطاحت بكل النماذج السابقة. على كل حال فإننا تحلينا بالصبر والعزيمة لنصل

فى النهاية إلى نموذج بسيط منطقى أطلقنا عليه النموذج الحلقى. ودونما قصد أو نية توصلنا إلى نموذج بديل لفكرة الانفجار العظيم يتمتع بذات الدقة فى تفسير مجريات الكون ومع ذلك يقترب من تجسيد رؤية آينشتاين.

إن هذا النموذج الحلقى يأتى على فكرة الانفجار العظيم. فالمكان والزمان موجودان إلى الأبد كما هى رؤية آينشتاين. فالانفجار العظيم لم يكن بداية الكون بل بالأحرى حلقة وصل مع فترة سابقة عليه. فالكون يمر بتتابع لا نهائى من الحلقات التى تتابع فيها حالات من الانسحاق وإعادة الظهور فى انفجار عظيم ممتد لتريليونات من السنين بينها. أما درجة حرارة الكون ومصيره فلا يصلان إلى حد لا نهائى عند أى نقطة فى الحلقة ولا شك أنها لا تتجاوز حداً أعلى (نحو تريليون تريليون درجة). إن الأحداث الرئيسية التى ترسم البنية الأوسع للكون - مثل التوزيع المنتظم للمادة والإشعاع وغياب المنحنيات الأساسية وبوادر تكون المجرات - لا تقع فى فترة تضخم فى بداية ما بعد الانفجار كما هو الاعتقاد بل خلال فترة من التقلص البطىء التى تحدث قبل الانفجار.

بعد الانفجار، تمضى كل حلقة خلال فترات من التمدد التى تسودها فى البداية فترات من الإشعاع الساخن ثم المادة الباردة. وخلال العشرة بلايين الأولى من السنين، تخلق الوفرة الأساسية الأولية من الجسيمات والذرات الأولى والنجوم وإشعاع الموجة الخلفية والمجرات والكواكب. ثم تبدأ فترة من سيطرة المادة المظلمة تمتد لتريليون من السنين أو ما يزيد على ذلك. فالفضاء يخضع لفترة من التمدد المتسارع التى تنشر المادة والأنتروبية والثقوب السوداء وأى أنقاض أخرى من الحلقة السابقة بشكل بالغ الانتظام وهنا يتم التعامل وتعديل أى انحناء أو اعوجاج فى الكون. وتظل البقية منتشرة فى سمك رفيع جداً فى كون كان يوماً ما مضيئاً ليصبح شبه فراغ تام. ومع استمرار التمدد، يقل تركيز المادة المظلمة. وفى النهاية ينتهى الأمر بتوقف التمدد ويدخل الكون فى حالة انسحاق كبرى. ثم يأتى الارتداد من الانسحاق الكبير إلى الانفجار العظيم لتزود الكون بمادة وإشعاع جديدين وتبدأ فترة جديدة من التمدد والتبريد.

تأثيرات الكم يسبب الارتداد فى بعض الأماكن قبل غيرها بما يسبب بعض القمم والقيعان فى توزيع المادة والإشعاع. وهذه الحالات من عدم الانتظام هى بذور لتكون المجرات والبنى على المقياس الكبير.

إن الدافع وراء النموذج الحلقى كان قائمًا على الأفكار الجديدة حول المكان والزمان التى نبعت من نظرية الوتر الفائقة التى تمثل المرشح الأول لنظرية موحدة تجمع القوى الرئيسية فى الطبيعة. وها هو ارتباط آخر بآينشتاين حيث كان رائدًا فى البحث عن التوحيد وكان مهتمًا بشكل خاص بنظريات تفسر القوى على محمل هندسى مثل النظرية النسبية العامة. بل إن الأمر الأكثر إثارة هو أن المنظرين، وبعد نصف قرن من الزمان، يسعون بكل قوة وحماسة خلف حلم آينشتاين. ووفقًا لهذا المنطق فإن كل الجسيمات والقوى هى نتاج اهتزازات ودورانات وحالات من إعادة الاتصال فى كيان هندسى واحد - وتر ذى بعد واحد - فى مكان ذى عشرة أبعاد. لذا يقوم النموذج الحلقى على هذه الفكرة بإعطاء الطاقة المظلمة والانسحاق العظيم والانفجار العظيم تفسيرًا هندسيًا. ففى نسخة رائدة لنظرية الوتر الفائقة المعروفة بنظرية - M، يدعم نموذجنا المعتاد للكون ذى الأبعاد الثلاثة بأبعاد إضافية. (وسنتناول هنا بعد إضافى واحد تحقيقا للبساطة). وعلى بعد مسافة ضئيلة من كوننا ثلاثى الأبعاد يقع نموذج آخر ثلاثى الأبعاد يماثل لنموذجنا. فالكونان بمقدورهما الحركة والتفاعل كلا بالنسبة للآخر لكنه ليس بمقدورنا اختراق الفجوة ورؤية العالم الآخر ذلك أن كافة الجسيمات التى نتكون منها - مثل الإلكترونات والكوارك والفوتونات وغيرها - مقيدة بالحركة فى خلال الأبعاد المكانية الثلاثة فقط.

وفقًا للنموذج الحلقى، فإن الطاقة المظلمة تعمل كقوة زنبركية لها تأثيران أولهما عندما يكون الكونان متباعدان فإن القوة المخزنة فى الزنبرك لها تأثير تجاذبى يدفع بأبعادنا الثلاثة نحو التمدد بمعدل متسارع وهو ما يماثل مرحلة التمدد المتسارع التى نلحظها اليوم. أما ثانيهما فإن الزنبرك يجذب الكونين معًا أيضًا وتقرب المسافة بينهما ليصل الكونان فى النهاية إلى الاندماج معًا ويثبان متباعدان. فتتكون مادة وإشعاع جديدان من حرارة التصادم التى تسبب تمدد الكون ثلاثى الأبعاد.

ويماثل هذا الانتقال من الانسحاق العظيم إلى الانفجار العظيم. أما تأثيرات عدم التيقن فى الكم فتسبب وقوع الاصطدام فى أماكن مختلفة فى أوقات مختلفة بما يأتى إلى عدم انتظامات صغيرة فى توزيع المادة والإشعاع التى تمثل بذرة تكون المجرات. فكوننا ينشأ عن هذا الاصطدام حاملا كافة الخصائص المطلوبة لتفسير الخصائص الملحوظة للكون.

على الرغم من أن النموذج الحلقى وصورة الانفجار العظيم المتعارف عليها تقدمان تاريخان مختلفان جداً للكون، فإنه من العسير جداً التمييز بينهما. فتوقعاتهما بشأن الانتظام والتسطح والتنوعات الكثافة الطفيفة متطابقة قطعًا. لكن يظل هناك فارق أساسى ذلك أن النموذجين يتنبآن بموجات جاذبية ذات توزيعات مختلفة. فموجات الجاذبية هى تموجات تبحر فى عباب الكون منتشرة بسرعة الضوء. وتحمل فكرة الانفجار العظيم والنموذج الحلقى مطياف رحب من موجات الجاذبية التى تولد فى اللحظة نفسها مع تكون بذور المجرات. لكن الاختلاف فى سعة الموجة تبعًا لطولها مختلف بشكل شاسع بين الطرفين. لذا سيشهد العقد التالى عدداً من التجارب التى ستجرى على الأرض وفى مناطيد الهواء والأقمار الصناعية التى تبحث فى هذه الموجات الجاذبية الأولية وبهذا نتمكن من تقرير أى التاريخين للكون صائب.

إن ما يدهشنى وأنا أنظر إلى النموذج الحلقى هو إلى أى مدى تقترب من رؤية أينشتاين دونما التعارض مع الملاحظات الحديثة التى وقفنا عليها فى العقود التسع السابقة. وعلى الرغم من أننى لم ألتقيه قط فإننى أستشعر وكأن بيننا رباط فكرى متين. لكن هناك الكثير من علماء الكون فى يومنا هذا الذين تشبعوا بفكرة أن الانفجار العظيم هو بداية الكون حتى إنهم ليصادروا على احتمالية فكرة النموذج الحلقى. أما أينشتاين فكان ليتمتع بمزيد من التعاطف والتفاهم. وبعد فترة طويلة عندما أقر بالدليل الدامغ على وجود التمدد الكونى فإنه جاء فى طبعة عام ١٩٤٥م لكتاب "معنى النسبية" ليقول "لعله ينبغى ألا يستنتج أن بداية تمدد الكون كانت حدثا متفرداً".

لقد أتى آينشتاين بالطاقة المظلمة فى صورة الثابت الكونى ليبقى على الكون غير متغير مع مرور الزمن. ومن المنتظر أنه كان ليقدر أن الطاقة المظلمة تلعب دوراً محورياً فى الإبقاء على التتابع فى الحلقات. وهذا استخدام أكثر سحراً للطاقة المظلمة فهى بذلك تتخلص من بقايا الحلقات السابقة وتحول نفسها من قوة متسارعة إلى قوة منكمشة ماضية بالعالم نحو انسحاق عظيم وتؤكد - لأسباب فنية لا يمكن عرضها هاهنا - على أن الكون يحافظ بشكل مستقر على حلقات متكررة بشكل منتظم.

ربما كان آينشتاين قد فضل فكرة الكون الساكن، إلا أن الكون الحلقى يحمل نفس الجاذبية الفلسفية. فكلاهما يحملان ضمنيًا كونًا بلا بداية وبلا نهاية. "فساكن" تعنى أن متوسط خصائص الكون هى ذاتها من لحظة لأخرى. و"الحلقى" هو الآخر يمكن أن يفهم على المعنى نفسه حيث تبقى على معدل الشروط الفيزيائية نفسها بشرط أن يقاس هذا المتوسط على مدار الكثير من الارتدادات. وعلى هذا المحمل فإن النموذج الحلقى هو أفضل تسوية وحلقة وصل بين رؤية آينشتاين والملاحظة الواقعية. ومن يدرى لعله بحلول الذكرى المائة لورقة آينشتاين عن علم الكون سنة ٢٠١٧م تكون التجارب قد قادتنا إلى اختبار هذه التسوية.

أين آينشتاين؟

ماريا سبيروبولو

ماريا سبيروبولو هى عالمة الفيزياء التجريبية وزميلة سابقة لمعهد إنريكو فيرمى بجامعة شيكاغو. وهى يونانية المولد والتعلم طورت اهتمامًا مبكرًا بالفيزياء التجريبية حيث عملت قبل التخرج فى شركة برلين لحلقة تخزين الإلكترونات لإشعاع السينكترون BESSY والمنظمة الأوروبية للبحوث النووية CERN. انتقلت إلى الولايات المتحدة عام ١٩٩٣م سعيًا وراء نيل درجة الدكتوراة من جامعة هارفارد. عملت فى كشاف التصادمات فى معمل فيرمى على مستشعرات السيليكون للتعرف على تحلل الجسيمات عالية الطاقة وعلى بحوث التناظر الفائق مستخدمة طريقة البيانات الصماء Blind لأول مرة فى تحليل بيانات مصادم الهادرونات hadron collider. ولقد ألقت سبيروبولو الكثير من الأحاديث والكلمات حول الفيزياء امتدت من جامعة شيكاغو إلى دار أوبرا ويهلر فى أسبن وكذلك عدد من الأحاديث الإذاعية والأعمال الوثائقية العلمية.

باريس، ٢٨ مايو ٢٠٠٤

محطة المترو، صورة ضخمة لآينشتاين على الأبواب المنزلقة للسيارة بشعره وعينيه المميزتين وإلى جوار صورته صورة شاب صغير ذو رفاهية وحياة فاخرة. شاب صغير من القرن الواحد والعشرين ذو ابتسامة عريضة وهيئة رجال الأعمال

ومكتوب أسفله باللغة الفرنسية: "آينشتاين الأسطورة: هو لم يعد موجوداً بيننا أما نحن فهنا (مكتوب اسم الشركة)".

روسين، بداية يوليو ٢٠٠٤

مطعم صغير خارج جينيف فى وسط الكرم حيث هناك نادلة ذات شعر أحمر ليس لها من صبر أن تفرغ منا. كانت هناك ورشة عمل حول الوتر فى سيرن (المنظمة الأوروبية للبحث النووى) سبقتها واحدة فى باريس ثم يتبعها لقاء خلال القمر الصناعى فى سيرن. كنت هناك مع أصدقائى وزملائى - منظرى الوتر وكذلك هؤلاء الكلاسيكيين المهتمين جداً بفيزياء اليوم - من الولايات المتحدة. كنت وجها جديداً على هذا المكان فتبعت نصيحة زميل سويسرى وقمت بجولة بالسيارة فى الريف قرب المعمل. كنا قد أمضينا الثلاث ساعات الأخيرة نتجادل ونفكر مليا حول العلاقات الحالية فى الفيزياء وآينشتاين. دار الحديث بشكل خاص حول آينشتاين ودافيد هيلبرت ومدى استقلال كل منهما أو اعتمادهما على بعضهما فى الخروج بمعادلات جذب تحل مشكلة مدار كوكب عطارد. وهذا - كما اتضح - ليس بحديث قصير أو فاتر بين الفيزيائيين، خاصة المنظرين. كنا آخر من غادر المكان - أو بالأحرى ألقوا بنا.

فيينا، منتصف يوليه ٢٠٠٤

ورشة فيزياء فى ل هـ س (المصادم الهادرونى الكبير). كان آخر المتحدثين هو كريس كويج من معمل فيرمى. كان ملخص آخر عباراته (حيث ذلك ليس اقتباس دقيق بل بقدر ما استطعت تسجيلها): "أين سيقود آينشتاين القادم التفكير العلمى؟"

سيرن، نهاية يوليه ٢٠٠٤.

سألت سافاس ديمبولوس، منظر الجسيمات ومصمم نماذج من ستانفورد، عما ألهمه أن يصبح فيزيائى فأجابنى أنه قرأ فى طفولته فى أثينا سيرتين لحياة آينشتاين. عكفت على تلقى البريد حول آينشتاين فى هذا الصيف. لعل ذلك على الأغلب لأنها كانت مئوية ما يعرف بعام الروائع عام ١٩٠٥م. كانت واحدة من أهم ما جاء قمة من

٨ أغسطس إلى ١١ أغسطس حيث سيعقد مركز أسبن للفيزياء ما أطلق عليه بحسب كلمات أسبن تايمز مؤتمر عام طموح تحت عنوان "شخصية بارزة فى دائرة الاهتمام" سيتقصى ويبحث فى الصدمة التى أحدثها آينشتاين وعلمه فى "دنيا العلوم والمجتمع والثقافة والأمور الفكرية وغيرها". كانت التذكرة غالية جداً بلغت ٧٠٠ دولار فطلبت من زميل لى عمل على الحضور أن يبقينى على اطلاع بما يجرى. هل هناك من شيء ليتعلمه المرء من آينشتاين وعمله وحياته وعبقريته؟ علام دار الجدل؟ وهل شمل شيئًا غير عبقريته؟ لكن – وكما تشككت – كان الأمر نوعًا من احتفال لاهوتى يتمازج فيه الناس ويتقربون من بعضهم البعض حيث الرباط الجامع بينهم هو آينشتاين. بهجة وفرح وأشخاص جميلة وأدوات فكرية راقية. وحضر أيضًا الصحفى العلمى دنيس أوفربى الذى يعرف آينشتاين خير من أى شخص آخر.

تحدثت معه العام الماضى عندما كان يزور معامل فيرمى فى تفاترون حول آينشتاين وحول كتابه الجديد "آينشتاين واقعًا فى الحب". أخبرنى عن مغامرة السنوات السبع التى أمضاها فى أوروبا يجمع ويركب شتات وأقاصيص حياة آينشتاين وأعماله. مهمة غير اعتيادية ذات طبيعة مميزة تشمل أمورًا قانونية وتصريحات رسمية للبحث فى الأرشيف والوثائق وغيرها. لا أذكر إن كنت سألته بالضبط عن السبب الذى دفعه لذلك – ولا أذكر حتى إجابته إن كنت فعلت (لكنى اكتشفت هذا لاحقًا عندما قرأت الكتاب).

لقد مثل آينشتاين مشكلة عائلية بشكل ما منذ أن اتخذت لنفسى دربًا أن أصبح فيزيائية. فأبى لم ير فى مجال هذا البحث فائدة مباشرة لأحد، خاصة له. متى عدت من الجامعة كان أبى يبادرنى سائلاً "هل قمت بشيء يتخطى آينشتاين؟ هل سيستغرق الأمر قرنًا آخر؟ فأجيب" لا ليس بعد" فيردف حسنًا متى سنرى تقدمًا فى الفيزياء؟ وما زال يطرح السؤال ذاته.

انتقلت حديثا من معمل فيرمى، خارج شيكاغو، إلى أوروبا للعمل فى سيرن، وهو معمل هائل عرفته منذ كنت طالبة حيث أمضيت بعض الوقت أعمل مع قسم الدعم

التجريبى الذى يسمى المساعدة التقنية ٢. حينها وقعت فى غرام فيزياء الجسيمات إلى الأبد. كانوا قد أخبرونى أن جينفا مركز متروبولى ألمانى فرنسى سويدى خانق لذا بدأت أحضر نفسى للانتقال منذ ستة أشهر مضت. قلت لنفسى إنه "إذا كان هناك الكثير من العثرات فإن آينشتاين استطاع النجاح والمضى خلال ذلك كله" - كان ذلك أمر مريح أو حتى مدعم للعزيمة. وبالهام كتاب دنيس، الذى كنت قد فرغت من قراءته للمرة الثانية - تملكتنى الإثارة أن أذهب إلى بيرن وأطوف بجوار مكتب التسجيل ببيرن وأجول فى زيورخ وأرتاد المقاهى قرب البولى تكنيك حيث اعتاد آينشتاين وميليفا تمضية أوقاتهم وسط دائرة من المفكرين وأحيانا ما كان آينشتاين يعزف على الكمان.

ذهبت إلى بيرن بالفعل لكنه لم يتسن لى الذهاب إلى مكتب التسجيل - أو أى مكان آخر. فلقد ذهبت لأسجل مشروع بحث فى المؤسسة الوطنية السويسرية للعلوم. على أننى تعلمت بعد فترة وجيزة أن الأمور لا تسير على هذا النحو هاهنا. فالأمر ليس أنك تأتى وجهاً جديداً فتطرح أفكارك ثم تنتظر أن تحصل على منحة لبحثك. فبدون سابق تاريخ مع النظام القائم وشبكة مناسبة من الأشخاص فى دائرة الأبحاث وسلم الإدارة فإن المصير الحتمى المباشر لبحثى هو سلة المهملات وفى وسط هذا كله أهدانى أحدهم نصيحة ودودة مفادها "ألا أحاول تغيير النظام". لكننى لم يكن لدى أدنى فكرة عما تعنيه كلمة "النظام". ومع مرور الوقت بدأت أقترب على الأقل من توصيف هذا النظام ولم يكن أفضل حالاً مما تعين على آينشتاين التعامل معه. فآينشتاين شعر هنا وكأنه دخيل بسبب إرثه اليهودى وساعده ذلك أن يكون ثائراً فى تفكيره حول الفيزياء.

لقد كان ثائراً بالفعل، خاصة فى بدايات مهنته. لقد كان دخيلاً راديكاليًا لا يهاب شيئًا وليس بجواره من معلم ناصح أو ملاك يحرسه ويهديه الطريق. إنها بالفعل لبداية درامية بالنسبة لموظف فى مكتب التسجيل رأت فيه الدنيا بعد ذلك أول من دشن الحداثة. وبالبحث فى بعض قواعد بيانات إصدارات الفيزياء وجدت ما يقارب ثلاثين ورقة بحثية ترجع إلى آينشتاين سواء بمفرده أو بالتعاون مع آخرين. وبالبحث فى الأرشيف ذاته عن الأوراق التى يرد اسم آينشتاين فى عنوانها وجدت أنها تبلغ ١٤,١١٦ ورقة بحثية.

وتشمل فروع الفيزياء التى جاءت فيها هذه الأوراق: الهندسة الجبرية وفيزياء الفلك والفيزياء الذرية والفيزياء البيولوجية والديناميكا الفوضوية والفيزياء الكيميائية والهندسة التفاضلية والأنظمة الديناميكية والأنظمة القابلة للتكامل والقابلة للحل بشكل نهائى والنظرية النسبية العالمة وعلم الكون الكمى والطبولولجيا الهندسية وعلم الظواهر وفيزياء الطاقة العليا ونظرية فيزياء الطاقة العالية وتاريخ الفيزياء والفيزياء الرياضية والأنظمة المعتدلة وتأثير التجويف الكمي والهندسة المترية وتكوين الأنماط والحلول وتعليم الفيزياء وفيزياء البلازما وجبر الكم وفيزياء الكم والمادة الكثيفة الناعمة وفيزياء الفضاء والميكانيكا الإحصائية والتوصيل الفائق. أما إذا وضعت كلمة آينشتاين فى محرك بحث جوجل فإنك تجد نفسك أمام ٤,٥ مليون صفحة على الشبكة العنكبوتية. فالرجل حاز من التأثير الثقافى والاجتماعى مبلغه. لذا، وبعد خمسين عامًا، يشهد كل أسبوع مئات - إن لم تكن آلاف - القصص الجديدة حول آينشتاين تتعرض لجوانب جديدة من حياته وعمله. وكفيزيائية وباحثة شابة فإننى تعبت فى الحقيقة من حقيقة أن الفيزياء المعاصرة صارت مرادفًا لآينشتاين إلى حد كبير. ويزعجنى بشكل ما أن حلم آينشتاين بنظرية موحدة للمجال صارت "شعار" للحصول على تمويل للبحث ووسيلة لترويج الكتب والحوارات والأعمال الوثائقية الفيزيائية. على أن حقيقة الأمر أنه شعار مؤثر حتى يومنا هذا، وهو مؤثر عن حق.

إن السؤال السائد بين أوساط الفيزيائيين الباحثين هو ماذا سيكون موقف آينشتاين من النتائج التجريبية الحديثة ونظرية فيزياء الجسيمات والجاذبية وعلم الكون؟ فقد كان من أوائل من فكروا بجدية هذه الموضوعات حتى مع بداية القرن العشرين. فثابت التمدد الكونى المتسارع واحتمالية أبعاد الفضاء الاحتمالية كانت كلها مواضيع تناولها آينشتاين. والبعض يعتقد أن حلم آينشتاين الحقيقى لم يكن نظرية موحدة لكل شىء - خاصة نظرية تصف الجاذبية فى إطار مشترك مع بقية الظواهر الفيزيائية - لكن بالأحرى نظرية سوف تشتق جسيمات أولية وميكانيكا الكم من حلول غير خطية للمعادلات الكلاسيكية للمجال وأنه قرر بعد فترة وجيزة تكريس كامل جهوده فى مشكلة أدرك أنه لا يمكنه (أو لن يمكنه) حلها.

أين آينشتاين اليوم؟ إنه فى بحوثنا ودراساتنا وتجاربنا، إنه هو من كتب الفيزياء بالجامعات وتاريخ الثقافة. هو فى قلوب أصدقائنا وزملائنا الذين يستيقظون فى قلب الليل على فكرة غير ممكنة لمشكلة مستحيلة الحل. فى قلوب الفنانين ورجال الأعمال ومتخصصى الكهرباء والفلاسفة اللذين ما إن نقابلهم ويعرفون أننا فيزيائيون حتى يودون معرفة ماذا تعنى $E=mc^2$. إن آينشتاين مع المفكرين الذين يدركون جيداً كيف يكونون أذكياء ويجيدون التلاعب بالإعلام. وهو بين ظهرانى كل مظاهرة ضد الأسلحة النووية والشباب الذين لا يلقون بالاً للسلطة ولا هؤلاء الراديكاليين فى السلطة. هو إلى جوار كل من فروا من أسر استبدادية ومعلمين ضيقى الأفق وإلى جوار طلابنا الذين بمقدورهم حل مشكلة لا نستطيع حلها. إنه مع كل هؤلاء الذين نراهم عباقرة ولا يرون فى أنفسهم الشىء الكبير. وهو وسط كل هؤلاء الفيزيائيين المعاندين صعبى المراس الذين يرون فى مشاكل الفيزياء سبب للوجود ومع كل هؤلاء الذين ينوءون بنير مشاكل يعلمون أنهم ليس لديهم من سبيل لحلها.

المحرر فى سطور :

چون بروكمان

- ولد سنة ١٩٤١ فى بوسطن بالولايات المتحدة الأمريكية.
- يعمل وكيلاً أدبياً ومحرراً ومؤلفاً متخصصا فى أدبيات العلم.
- أنشأ مؤسسة إيدچ Edge، وهى تهدف إلى جمع الأشخاص الذين يعملون على جبهة العلم العريضة.
- من أقواله الشهيرة "على مدار التاريخ، قام عدد قليل من الناس فقط بالتفكير الجاد نيابة عن الجميع".
- صك كلمة "intermedia" - الوسائط المتداخلة.
- ألف وحرر عدداً متميزاً من الكتب العلمية.

المترجم فى سطور :

محمد طه محمد محمود

- تاريخ الميلاد ١٥/١٠/١٩٨٦م.
- حاصل على ليسانس الآداب بكلية الآداب قسم اللغة الإنجليزية بجامعة الإسكندرية (فرع دمنهور).
- عمل فى حقل الترجمة تحت إشراف الدكتور حسام محمد رحومة أستاذ فلسفة العلوم بقسم الفلسفة.
- أنجز الكثير من الترجمات فى مجالات الفلسفة وعلم المنطق.

المراجع فى سطور :

فتح الله محمد إبراهيم الشيخ

- أستاذ بجامعة جنوب الوادى سوهاج.

- المستشار العلمى لرئيس الجامعة.

- بكالوريوس علوم جامعة الإسكندرية ١٩٥٨ .

- دكتوراة جامعة منديلف موسكو ١٩٦٤ .

- مترجم ومراجع لعدة كتب صدرت من عالم المعرفة والمنظمة العربية للترجمة ببيروت ودار سطور والمجلس الأعلى للثقافة والعلوم بالكويت.

- له أكثر من ٧٠ بحثًا فى التخصص وحوالى ٦٠ مقالاً باللغة العربية فى العلوم وكتابين.. حديث العلم عن الماء وحديث العلم عن الهواء.

- مدير مركز دراسات الجنوب بجامعة جنوب الوادى وعضو مجلس إدارة مراكز البيئة وتسويق الخدمات الجامعية والمشروعات الصغيرة والمتناهية الصغر.

- مدير مشروع الخطة الاستراتيجية لتوكيد الجودة بجامعة جنوب الوادى.

التصحيح اللغوى: محمد ديب
الإشراف الفنى: حسن كامل

" إن كل من حاول طرح موضوع علمى مجرد طرحًا عامًا يفهمه غير المتخصصين ليدرك الصعاب العظيمة التى يلاقيها فى محاولته هذه .
إنه إما أن ينجح فى جعل ما يقدمه سهلاً مفهومًا عبر إسدال الستار على جوهر المشكلة والانتهاء عند عرض الجوانب السطحية أو الظاهرية على القارئ مما يفضى إلى خداع الأخير واهمًا إياه بسراب الاستيعاب . أو يمضى إلى عرض عميق متخصص للمشكلة فيجد القارئ غير ذى الخبرة نفسه غير قادر عندئذ على تتبع هذا العرض و الإمساك بخيوطه فيحجم عنه ، محبطًا ، فى النهاية عنه دون الاستمرار فى القراءة .
فلو تناولنا مجمل الكتابات العلمية السائدة اليوم فاستبعدنا ما ينطبق عليه كلا التصنيفين السابقين لما تبقى فى أيدينا سوى نذر يسير جدًا يتمتع ـ دونما أدنى شك ـ بأعلى مراتب القيمة والأهمية "
ألبرت آينشتاين